

UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA

ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR DE GANDIA

Licenciatura Ciencias Ambientales

---



UNIVERSIDAD  
POLITECNICA  
DE VALENCIA



ESCUELA POLITECNICA  
SUPERIOR DE GANDIA

**“ESTUDIO DE VIABILIDAD Y VALORACIÓN DE LOS BENEFICIOS  
AMBIENTALES GENERADOS POR LA IMPLANTACIÓN DE UNA  
INSTALACIÓN DE PLACAS SOLARES FOTOVOLTAICAS, COMO  
PARTE DE UN SISTEMA HÍBRIDO EN UNA COOPERATIVA  
AGRÍCOLA EN EL PENEDEÈS”**

**TRABAJO FINAL DE CARRERA**

Autor/es:

**Beatriz Cortés Carrascosa**

Tutor:

**Jaime Jiménez Ayala**

Cotutor:

**Enrique Pallarés Huici**

**GANDIA, 2012**

## **I. MEMORIA**

### **1. INTRODUCCIÓN**

**1.1. Objeto del proyecto.** 4

**1.2. Alcance.** 4

**1.3. Antecedentes.** 4

### **2. INTRODUCCIÓN A LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA.**

**2.1. Introducción** 6

**2.1.1. El efecto fotovoltaico.** 6

**2.1.2. La radiación solar.** 7

**2.1.2.1. Generación de la radiación solar.** 7

**2.1.2.2. Distribución espectral de la radiación solar.** 8

**2.1.3. El panel fotovoltaico.** 8

**2.1.3.1. Historia.** 9

**2.1.4. Ventajas e inconvenientes de las instalaciones fotovoltaicas.** 10

**2.2. Desarrollo de la energía solar fotovoltaica** 11

**2.2.1. El desarrollo fotovoltaico.** 11

**2.2.2. La política energética europea y española** 12

**2.2.3. Evolución del marco normativo de las energías renovables en España** 12

**2.2.4. Normativa aplicable** 13

**2.3. Instalaciones conectadas a la red eléctrica** 15

**2.3.1. Fotovoltaica conectada a la red.** 15

**2.3.1.1. Facturación neta.** 15

**2.3.1.2. Tarifa fotovoltaica.** 16

**2.3.2. Fotovoltaica en edificación.** 16

**2.3.3. Elementos que componen la instalación** 16

**2.3.3.1. Generador fotovoltaico.** 16

**2.3.3.2. Inversor.** 17

**2.3.3.3. Equipo de medida.** 17

**2.3.3.4. Estructura de soporte de las placas.** 17

**2.3.3.5. Caja General de Protección** 17

**2.3.3.6. Puesta a tierra.** 17

**2.3.3.7. Cableado de Interconexión** 18

**2.3.4. Acometida eléctrica.** 18

**2.3.5. Instalación de enlace.** 18

**2.3.5.1. Caja de protección y medida.** 18

**2.3.5.2. Dispositivos generales e individuales de comando y protección.** 19

### **3. DISEÑO DE LA CUBIERTA SOLAR FOTOVOLTAICA.**

**3.1. Descripción de la situación actual** 20

**3.2. Estimación de la radiación solar incidente** 22

**3.3. Cálculo de la orientación e inclinación** 22

**3.4. Dimensionado** 23

### **4. IMPACTOS AMBIENTALES Y SOCIALES**

<b>4.1. Ventajas de la instalación de energía solar fotovoltaica.</b>	<b>26</b>
<b>4.2. Inconvenientes: impacto ambiental de una instalación de energía fotovoltaica.</b>	<b>26</b>
<b>II. PLIEGO DE CONDICIONES</b>	<b>30</b>
<b>III. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD</b>	<b>38</b>
<b>IV. PRESUPUESTO</b>	<b>54</b>
<b>1. CÁLCULO DE COSTES</b>	<b>56</b>
<b>2. ANÁLISIS DE VIABILIDAD ECONÓMICA DEL USO DE LA ENERGÍA SOLAR</b>	<b>57</b>
<b>V. CONCLUSIONES</b>	<b>58</b>
<b>VI. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>59</b>
<b>VII. ANEJOS</b>	<b>61</b>
<b>ANEJO Nº1-PLANOS</b>	
<b>ANEJO Nº2-GLOSARIO</b>	
<b>ANEJO Nº3-FICHAS TÉCNICAS</b>	
<b>ANEJO Nº4-CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS</b>	

## MEMORIA

### 1. INTRODUCCIÓN

La energía solar emblema de las energías renovables, ha protagonizado en los últimos años, una progresión debido a las mejoras de la tecnología, asociada a la reducción de costes, y principalmente gracias al interés mostrado por las diferentes administraciones en distintos países, en forma de ayudas y subvenciones. En este sentido, cabe destacar los Decretos 436/2004 y 1663/2000 que regulan el procedimiento de conexión de las plantas fotovoltaicas a la red, y el Decreto 352/2001 que regula el procedimiento administrativo de aplicación en Cataluña. El precio de venta establecido por la compra de la energía eléctrica producida en instalaciones fotovoltaicas, unido a las subvenciones aportadas por las diferentes administraciones, permite que este tipo de instalaciones se hayan convertido en viables, hasta hace unos años. Vamos a ver como ha afectado la crisis a la viabilidad de este tipo de instalaciones. Aunque la voluntad de contribuir en la medida de lo posible a la sostenibilidad energética, ha hecho posible el incremento exponencial de estos proyectos de energía solar fotovoltaica integrada en cubiertas de edificios industriales y conectados a la red.

#### 1.1. Objeto del proyecto.

El objetivo del presente proyecto es el estudio de la viabilidad y la valoración de los beneficios ambientales generados por la implantación de una instalación de placas solares fotovoltaicas en una cooperativa agrícola en la comarca del Baix Penedès, en la provincia de Tarragona. La instalación será parte de un sistema híbrido. Se utilizan también generadores eléctricos alimentados con gasoil para la época de la vendimia.

#### 1.2. Alcance.

El proyecto analiza las posibilidades que ofrece una instalación de energía solar fotovoltaica, formada por un conjunto de módulos fotovoltaicos montados sobre cubierta. Se busca la optimización de las posibilidades del emplazamiento, el diseño de la instalación solar fotovoltaica y el estudio de viabilidad de las diferentes alternativas que se plantean, tanto a nivel técnico como económico, considerando asimismo las afecciones social y ambiental del mismo. Otros de los aspectos a considerar en este trabajo son los posibles impactos ambientales que puede generar dicho sistema, estimar la reducción de emisiones contaminantes lograda con la instalación fotovoltaica, y demostrar que las energías renovables son económicamente viables, medioambientalmente sostenibles y seguras.

#### 1.3. Antecedentes.

En nuestra vida cotidiana utilizamos constantemente energía, pero por desgracia el modelo energético establecido actualmente no es un modelo sostenible, ya que llegará un momento, que por la intensiva utilización de combustibles fósiles se agotarán las reservas. Otro aspecto importante son los numerosos problemas ambientales que conlleva el continuo aumento del consumo energético, como calentamiento global del planeta, lluvia ácida, contaminación...

Desde ciertos sectores sociales e industriales se había estado hablando de la energía nuclear como la mejor alternativa a los combustibles fósiles, barata, limpia e inagotable. La grave catástrofe ambiental ocurrida recientemente en Japón ha demostrado que el único camino hacia la sostenibilidad energética pasa por el aprovechamiento de los recursos renovables.

Existen muchas alternativas energéticas sostenibles pero muy a nuestro pesar no se han desarrollado o lo han hecho sólo parcialmente, bien por limitaciones técnicas o económicas.

Es necesario avanzar hacia un modelo de consumo más razonable para satisfacer nuestras necesidades sin comprometer los recursos del futuro. Por eso hay que apostar por otro tipo de energías no contaminantes e inagotables: las energías renovables. Estas energías suponen un beneficio tanto social como medioambiental.

La energía solar fotovoltaica es una de estas energías alternativas y consiste en generar electricidad obtenida directamente por los rayos del sol mediante paneles solares fotovoltaicos. Esta electricidad puede ser almacenada, consumida o transformada para hacer funcionar cualquier aparato eléctrico.

Existen fundamentalmente dos tipos de aplicaciones de la energía solar fotovoltaica: instalaciones aisladas de la red eléctrica y centrales de generación conectadas a la red.

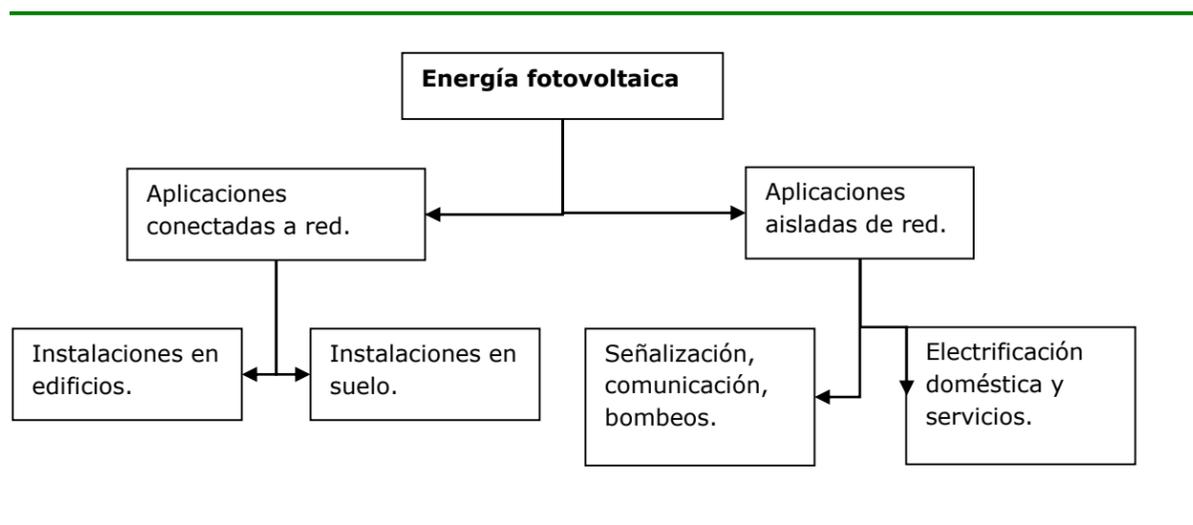
Gracias a los sistemas aislados de energía solar fotovoltaica, podemos disponer de electricidad en lugares alejados de la red de distribución eléctrica. De esta manera, podemos suministrar electricidad a casas de campo, refugios de montaña, bombes de agua, instalaciones ganaderas, sistemas de iluminación o balizamiento, sistemas de comunicaciones, etc.

Los sistemas aislados se componen principalmente de captación de energía solar mediante paneles solares fotovoltaicos y almacenamiento de la energía eléctrica generada por los paneles en baterías.

La generación por sistemas fotovoltaicos conectados a red, consiste en producir electricidad mediante paneles solares fotovoltaicos e inyectarla directamente a la red de distribución eléctrica.

El precio de venta de la energía también está fijado por ley de manera que se incentiva la producción de electricidad solar al resultar estas instalaciones amortizables en un periodo de tiempo que debería oscilar entre los 7 y 10 años.

Este tipo de centrales fotovoltaicas pueden ir desde pequeñas instalaciones de 1 a 5 kwp en nuestra terraza o tejado, a instalaciones de hasta 100 kwp sobre cubiertas de naves industriales o en suelo, e incluso plantas de varios megawattios.



El modelo más desarrollado en España es el conocido como huerta solar, que consiste en la agrupación de varias instalaciones de distintos propietarios en suelo rústico. Cada instalación tiene una potencia de hasta 100kw que es el umbral que establecía la legislación para el máximo precio de venta de energía eléctrica. Estas instalaciones pueden ser fijas o con seguimiento, de manera que los paneles fotovoltaicos están instalados sobre unas estructuras que se mueven siguiendo el recorrido del sol para maximizar la generación de electricidad.

La demanda de este tipo de instalaciones ha sido tal que en los últimos años se han saturado las líneas eléctricas de muchas zonas rurales, a la vez que se ha aumentado el precio de parcelas rústicas y se han disparado las solicitudes de punto de conexión.

Como consecuencia del Real Decreto 1578/2008, de 26 de septiembre, de retribución de la actividad de producción de energía eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica para instalaciones posteriores a la fecha límite de mantenimiento de la retribución del Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, para dicha tecnología. Se establece la obligatoriedad de compra de la energía proveniente de fuentes renovables por parte de las compañías eléctricas y, además, distingue entre dos tipos de instalaciones fotovoltaicas:

a) **Tipo I.** Aquellas instalaciones que estén ubicadas en cubiertas o fachadas de construcciones fijas, cerradas, hechas de materiales resistentes, dedicadas a usos residencial, de servicios, comercial o industrial, incluidas las de carácter agropecuario. O bien, instalaciones que estén ubicadas sobre estructuras fijas de soporte que tengan por objeto un uso de cubierta de aparcamiento o de sombreado, en ambos casos de áreas dedicadas a alguno de los usos anteriores, y se encuentren ubicadas en una parcela con referencia catastral urbana.

Se agrupan, a su vez, en dos subtipos:

- **Tipo I.1:** instalaciones del tipo I, con una potencia inferior o igual a 20 kW.
- **Tipo I.2:** instalaciones del tipo I, con una potencia superior a 20 kW.

b) **Tipo II.** Instalaciones no incluidas en el tipo I.

En este caso en concreto se establecería un régimen híbrido de un sistema fotovoltaico de conexión a red y gasoil. Por la peculiaridad de la empresa no se puede abastecer únicamente de energía solar ya que al ser una cooperativa agrícola durante los meses de recogida de la uva y el correspondiente procesado tienen un pico de consumo bastante importante

Durante la campaña de la vendimia tienen alquilados durante 40 días dos generadores de corriente eléctrica de 300 KVA y 400 KVA cada uno. El consumo de gasoil es de 11000 litros durante todo este tiempo, a un precio de 1,06€ el litro. El coste del alquiler de estas máquinas es de unos 5000 € en total.

## **2. INTRODUCCIÓN A LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA.**

### **2.1. Introducción**

La energía solar es una fuente de vida y origen de la mayoría de las demás formas de energía en la Tierra. Cada año la radiación solar aporta a la Tierra la energía equivalente a varios miles de veces la cantidad de energía que consume la humanidad. Es una de las llamadas energías renovables particularmente del grupo no contaminante, conocido como energía limpia o energía verde.

La radiación solar que alcanza la Tierra puede aprovecharse por medio del calor que produce, como también a través de la absorción de la radiación, por ejemplo en dispositivos ópticos o de otro tipo. La potencia de la radiación varía según el momento del día, las condiciones atmosféricas que la amortiguan y la latitud. Se puede asumir que en buenas condiciones de irradiación el valor es de aproximadamente 1000 W/m<sup>2</sup> en la superficie terrestre. A esta potencia se la conoce como irradiancia.

La radiación es aprovechable en sus componentes directa y difusa, o en la suma de ambas. La radiación directa es la que llega directamente del foco solar, sin reflexiones o refracciones intermedias. La difusa es la emitida por la bóveda celeste diurna gracias a los múltiples fenómenos de reflexión y refracción solar en la atmósfera, en las nubes y el resto de elementos atmosféricos y terrestres. La radiación directa puede reflejarse y concentrarse para su utilización, mientras que no es posible concentrar la luz difusa que proviene de todas las direcciones. La irradiancia directa normal (o perpendicular a los rayos solares) fuera de la atmósfera, recibe el nombre de constante solar y tiene un valor medio de 1354 W/m<sup>2</sup>.

La Energía Solar es una energía renovable, que utiliza una fuente inagotable que es el Sol pero tiene un inconveniente que radica en cómo poder convertirla de una forma eficiente en energía aprovechable. La tecnología actual en este sentido va dirigida en dos direcciones: conversión eléctrica y conversión térmica.

La conversión directa en energía eléctrica se produce en las células solares y se basa en el efecto fotovoltaico.

#### **2.1.1. El efecto fotovoltaico.**

EL EFECTO FOTOVOLTAICO (FV) es la base del proceso mediante el cual una célula FV convierte la luz solar en electricidad. La luz solar está compuesta por fotones, o partículas energéticas.

Estos fotones son de diferentes energías, correspondientes a las diferentes longitudes de onda del espectro solar. Cuando los fotones inciden sobre una célula FV, pueden ser reflejados o absorbidos, o pasar a su través. Únicamente los fotones absorbidos generan electricidad.

Cuando un fotón es absorbido, la energía del fotón se transfiere a un electrón de un átomo de la célula. Con esta nueva energía, el electrón es capaz de escapar de su posición normal asociada con un átomo para formar parte de una corriente en un circuito eléctrico.

Las partes más importantes de la célula solar son las capas de semiconductores, ya que es donde se crea la corriente de electrones. Estos semiconductores son especialmente tratados para formar dos capas diferentes dopadas (tipo p y tipo n) para formar un campo eléctrico, positivo en una parte y negativo en otra. Cuando la luz solar incide en la célula se liberan electrones que pueden ser atrapados por el campo eléctrico, formando una corriente eléctrica. Es por ello que estas células se fabrican partir de este tipo de materiales, es decir, materiales que actúan como aislantes a baja temperatura y como

conductores cuando se aumenta la energía. Desdichadamente no hay un tipo de material ideal para todos los tipos de células y aplicaciones.

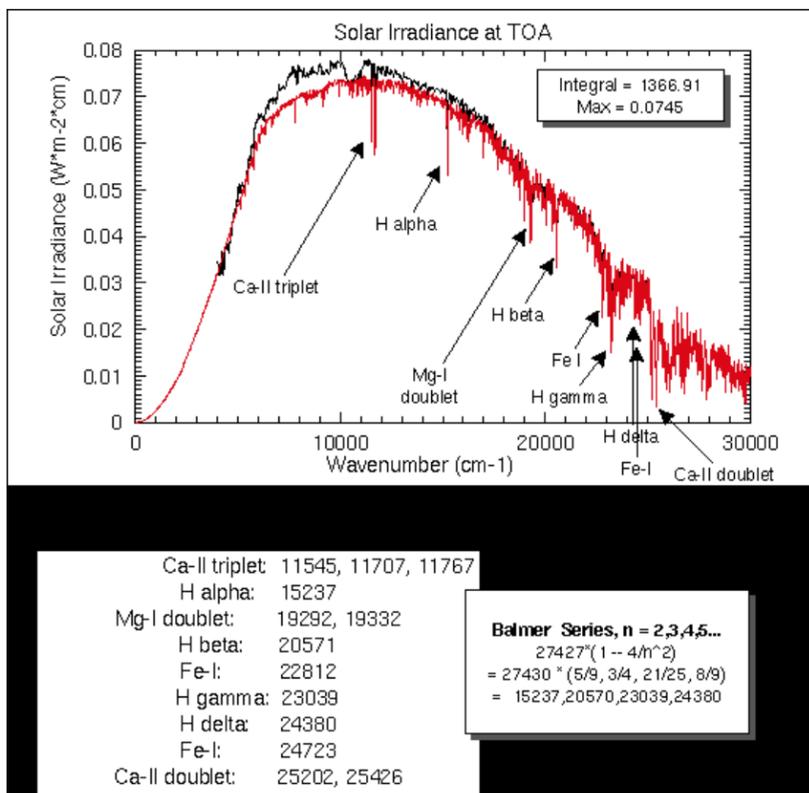
Además de los semiconductores las células solares están formadas por una malla metálica superior u otro tipo de contrato para recolectar los electrones del semiconductor y transferirlos a la carga externa y un contacto posterior para completar el circuito eléctrico. También en la parte superior de la célula hay un vidrio u otro tipo de material encapsulado transparente para sellarla y protegerla de las condiciones ambientales, y una capa antireflexiva para aumentar el número de fotones absorbidos.

Las células FV convierten pues, la energía de la luz en energía eléctrica. Estas células conectadas unas con otras, encapsuladas y montadas sobre una estructura soporte o marco, conforman un módulo fotovoltaico. Los módulos están diseñados para suministrar electricidad a un determinado voltaje (normalmente 12 o 24 V). La corriente producida depende del nivel de insolación.

La radiación solar llega a los módulos, que producen energía eléctrica por el efecto fotovoltaico en forma de corriente continua (CC). Esta CC se puede almacenar o inyectar en la red eléctrica, para aprovecharse directamente como CC o bien transformarse en corriente alterna (CA).

### 2.1.2. La radiación solar.

Se conoce por radiación solar al conjunto de radiaciones electromagnéticas emitidas por el sol. El sol se comporta prácticamente como un cuerpo negro que emite energía siguiendo la ley de Planck a una temperatura de unos 6000 K. La radiación solar se distribuye desde infrarrojo hasta ultravioleta. No toda la radiación alcanza la superficie de la tierra, pues las ondas ultravioletas, más cortas, son absorbidas por los gases de la atmósfera fundamentalmente por el ozono. La magnitud que mide la radiación solar que llega a la tierra es la irradiancia, que mide la energía que, por unidad de tiempo y área, alcanza a la tierra. Su unidad es el W/m<sup>2</sup> (vatio x metro 2).



**Espectro de la Irradiancia solar.**

### **2.1.2.1. Generación de la radiación solar.**

El sol es la estrella más cercana a la tierra y está catalogada como una estrella enana amarilla. Sus regiones interiores son totalmente inaccesibles a la observación directa y es allí donde ocurren temperaturas de unos 20 millones de grados necesarios para producir las reacciones nucleares que producen su energía. La capa más externa que es la que produce casi toda la radiación observada se llama fotosfera y tiene una temperatura de 6000 K. Tiene solo una anchura entre 200 y 300 km.

Por encima de ella está la cromosfera con una anchura de unos 15.000 Km. Más exterior aún es la corona solar una parte muy tenue y caliente que se extiende varios millones de kilómetros y que solo es visible durante los eclipses solares totales. La superficie de la fotosfera aparece conformada de un gran número de gránulos brillantes producidos por las células de convección. También aparecen fenómenos cíclicos que conforman la actividad solar como manchas solares, fáculas, protuberancias solares, etc. Estos procesos que tienen lugar a diferentes profundidades, van acompañados siempre de una emisión de energía que se superpone a la principal emisión de la fotosfera y que hace que el sol se aleje ligeramente en su emisión de energía del cuerpo negro a cortas longitudes de onda por la emisión de rayos X y a largas longitudes por los fenómenos nombrados, destacando que no es la emisión igual cuando el sol está en calma que activo. Además la cromosfera y corona absorben y emiten radiación que se superpone a la principal fuente que es la fotosfera.

### **2.1.2.2. Distribución espectral de la radiación solar.**

La aplicación de la Ley de Planck al sol con una temperatura superficial de unos 6000 K nos lleva a que el 99% de la radiación emitida está entre longitudes de onda 0,15 micrómetros o micras y 4 micras. Como 1 ángstrom  $1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m} = 10^{-6} \text{ micras}$  resulta que el sol emite un rango de 1500 A hasta 4000 A. La luz visible se extiende desde 4000 A A 7000 A. La radiación ultravioleta u ondas cortas iría desde los 1500 A a los 4000 A y la radiación infrarroja u ondas largas desde las 0,74 micras a 4 micras.

La atmósfera de la tierra constituye un importante filtro que hace inobservable radiaciones de longitud de onda inferior a las 0,29 micras por la fuerte absorción del ozono y oxígeno. Ello nos libra de la radiación ultravioleta más peligrosa para la salud.

La atmósfera es opaca a toda radiación infrarroja de longitud de onda superior a las 24 micras, ello no afecta a la radiación solar pero sí a la energía emitida por la tierra que llega hasta las 40 micras y que es absorbida. A este efecto se conoce como efecto invernadero. Pero la emisión solar difiere de la de un cuerpo negro sobre todo en el ultravioleta. En el infrarrojo se corresponde mejor con la temperatura de un cuerpo negro de 5779 °C y en el visible. Ello nos habla de que la radiación solar no se produce en las mismas capas y estamos observando la temperatura de cada una de ellas donde se produce la energía.

### **2.1.3. El panel fotovoltaico.**

Los módulos fotovoltaicos o colectores solares fotovoltaicos (llamados a veces paneles solares, aunque esta denominación abarca otros dispositivos) están formados por un conjunto de celdas (Células fotovoltaicas) que producen electricidad a partir de la luz que incide sobre ellos. El parámetro estandarizado para clasificar su potencia se denomina potencia pico, y se corresponde con la potencia máxima que el módulo puede entregar bajo unas condiciones estandarizadas, que son:

- Radiación de 1000 W/m<sup>2</sup>

- Temperatura de célula de 25° C (no temperatura ambiente)

Las placas fotovoltaicas se dividen en:

- Cristalinas
- Monocristalinas: se componen de secciones de un único cristal de silicio (reconocibles por su forma circular u octogonal, donde los cuatro lados cortos, si se observa se aprecia que son curvos, debido a que es una célula circular recortada).
- Policristalinas: cuando están formadas por pequeñas partículas cristalizadas.
- Amorfos: Cuando el silicio no se ha cristalizado.

### 2.1.3.1. Historia.

El término fotovoltaico proviene del griego phos, que significa "luz" y voltaico, que proviene de la electricidad, en honor al científico italiano Alejandro Volta, (que también proporcionó el término voltio a la unidad de medida de la diferencia de potencial en el Sistema Internacional de Medidas). El término fotovoltaico comenzó a usarse en Inglaterra desde el año 1849.

El efecto fotovoltaico fue reconocido por primera vez en 1839 por el físico francés Becquerel, pero la primera célula solar no se construye hasta 1883. Su autor fue Charles Fritts, quien recubrió una muestra de selenio semiconductor con un pan de oro para formar el empalme. Este primitivo dispositivo presentaba una eficiencia de solo un 1%. Russel Ohl patentó la célula solar moderna en el año 1946, aunque Sven Ason Berglund había patentado, con anterioridad, un método que trataba de incrementar la capacidad de las células fotosensibles. La era moderna de la tecnología de potencia solar no llegó hasta el año 1954 cuando los laboratorios Bell, descubrieron de manera accidental que los semiconductores de silicio dopado con ciertas impurezas, eran muy sensibles a la luz.

Estos avances contribuyeron a la fabricación de la primera célula solar comercial con una conversión de la energía solar de, aproximadamente el 6%. La URSS lanzó su primer satélite espacial en el Año 1957, y los EEUU un año después. En el diseño de éste se usaron células solares creadas por Peter Lles en un esfuerzo encabezado por la compañía Hoffman Electronics.

La primera nave espacial que usó paneles solares fue el satélite norteamericano Vanguard, lanzado en Marzo de 1958. Este hito generó un gran interés en la producción y lanzamiento de satélites geoestacionarios para el desarrollo de las comunicaciones, en los que la energía provendría de un dispositivo de captación de la luz solar. Fue un desarrollo crucial que estimuló la investigación por parte de algunos gobiernos y que impulsó la mejora de los paneles solares. EN 1970 La primera célula solar con estructura de arseniuro de galio (GaAs) y altamente eficiente se desarrolló en la extinguida URSS por Zhore Alferov y su equipo de investigación.

La producción de equipos de deposición química de metales por vapores orgánicos o MOCVD (Metal Organic Chemical Vapor Deposition). No se desarrolló hasta los años 80 del siglo pasado, limitando la capacidad de las compañías en la manufactura de células solares de arseniuro de galio.

La primera compañía que manufacturó paneles solares en cantidades industriales, a partir de uniones simples de GaAs, con una eficiencia de AM0 (Air Mass Zero) del 17% fue la norteamericana ASEC (Applied solar Energy Corporation), La conexión dual de la celda se produjo en cantidades industriales por ASEC en 1989, de manera accidental, como consecuencia de un cambio del Ga As sobre los sustratos de Ga As a Ga As sobre sustratos de germanio.

El dopaje accidental de germanio (Ge) con GaAs como capa amortiguadora creó circuitos de voltaje abiertos, demostrando el potencial del uso de los sustratos de germanio como otras celdas. Una celda de uniones simples de Ga As llegó al 19% de eficiencia AMO en 1993.

ASEC desarrolló la primera celda de doble unión para las naves espaciales usadas en EEUU, con una eficiencia de un 20% aproximadamente. Estas celdas no usan el germanio como segunda celda, pero usan una celda basada en GaAs con diferentes tipos de dopaje. De manera excepcional, las células de doble unión de GaAs pueden llegar a producir eficiencias AMO del orden del 22%. Las uniones triples comienzan con eficiencias del orden del 24% en el 2000, 26% en el 2002, 28% en el 2005, y han llegado, de manera corriente al 30% en el 2007. En 2007, dos compañías norteamericanas Emcore Photovoltaics y Spectrolab, producen el 95% de las células solares del 28% de eficiencia.

#### **2.1.4. Ventajas e inconvenientes de las instalaciones fotovoltaicas.**

Ventajas.- La energía solar fotovoltaica es una de las fuentes más prometedoras de las energías renovables en el mundo. Comparada con las fuentes no renovables, las ventajas son claras: es no contaminante, no tiene partes móviles que analizar y no requiere mucho mantenimiento.

No requiere de una extensa instalación para operar. Los generadores de energía pueden ser instalados de una forma distribuida en la cual los edificios ya construidos, pueden generar su propia energía de forma segura y silenciosa. No consume combustibles fósiles. No genera residuos. No produce ruidos es totalmente silenciosa. Es una fuente inagotable. Ofrece una elevada fiabilidad y disponibilidad operativa excelente.

En resumen, la energía fotovoltaica es generada directamente del sol. Los sistemas fotovoltaicos no tienen partes móviles, por lo tanto no requieren mantenimiento y sus celdas duran décadas.

Además de las ventajas ambientales también debemos tener en cuenta las socio-económicas.

Instalación simple. Tienen una vida larga (Los paneles solares duran aproximadamente 30 años). Resisten condiciones climáticas extremas: granizo, viento, temperatura, humedad. No existe una dependencia de los países productores de combustibles. Puede instalarse en zonas rurales desarrollo de tecnologías propias. Se puede utilizar en lugares de bajo consumo y en casas ubicadas en parajes rurales donde no llega la red eléctrica general. Puede venderse el excedente de electricidad a una compañía eléctrica. Puede aumentarse la potencia mediante la incorporación de nuevos módulos fotovoltaicos.

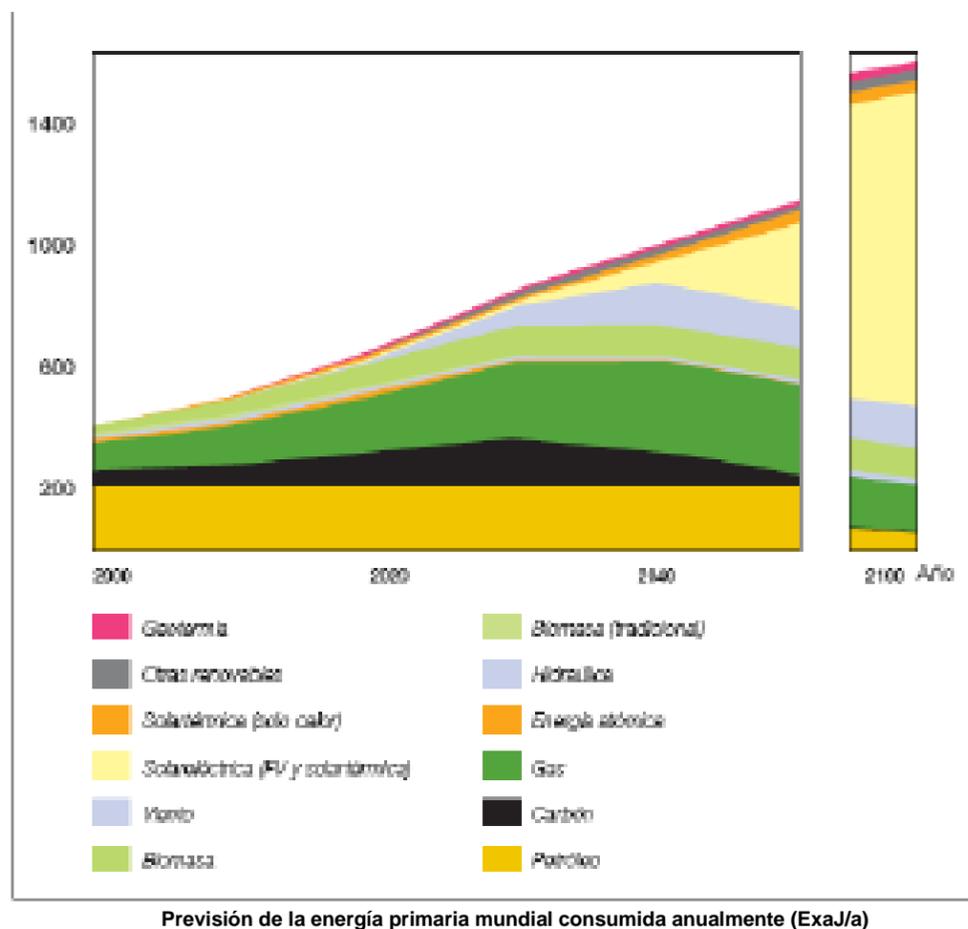
Inconvenientes.- De este sistema de generación de energía, no es tanto el origen de dicha energía que es el Sol, que tiene reservas que exceden de nuestras necesidades, ni tampoco la materia prima de donde se extrae el silicio, que consiste en arena común muy abundante en la naturaleza: se trata de la técnica de construcción y fabricación de los módulos fotovoltaicos que es complejo y caro.

Requiere una importante inversión inicial. Es una energía de difícil almacenamiento. No es económicamente competitiva con otras energías actuales. Producción variable según climatología del lugar y época del año. Otro inconveniente es el rendimiento obtenido y el espacio de terreno ocupado por los elementos captadores: el rendimiento final se estima en solo un 13%.

## 2.2. Desarrollo de la energía solar fotovoltaica

### 2.2.1. El desarrollo fotovoltaico.

El desarrollo global de esta tecnología ha alcanzado unos ritmos de crecimiento del orden del 40%, que coincide con el ritmo de crecimiento en España. Aún con este crecimiento, la contribución actual de la energía eléctrica de carácter fotovoltaico para cubrir nuestras necesidades energéticas es ínfima y lo será los próximos años. Esta perseverancia nos llevaría a un futuro como puede ser el que vaticinan muchos modelos de entidades con reputación como la empresa de energía Shell, o como el que se muestra a continuación: el de los expertos designados el año 2003 por el Gobierno alemán para estudiar el cambio climático.



Parece prudente diversificar las opciones energéticas no desechando ninguna alternativa que demuestre su potencial. Con este principio, la energía solar fotovoltaica pide un sitio dentro de los esfuerzos globales para a cambiar o adaptar nuestro modelo energético, y lo pide porque su propia naturaleza la hace idónea para responder a los problemas medioambientales del modelo actual y porque el coste para apoyar su desarrollo es asumible, al ser, por ejemplo, una pequeñísima parte del coste de las catástrofes debidas al cambio climático (el director de los programas medioambientales de las Naciones Unidas y ex-ministro alemán de Medio ambiente Klaus Töpfer estimó, en 100.000 millones de euros, el coste en el Año 2001, de los daños ocasionados por el cambio climático).

Debemos recordar que muy pocas tecnologías estratégicas de las que ahora disfrutamos fueron rentables desde el primer momento y se desarrollaron en un contexto a merced de las leyes del mercado, sin necesitar apoyo de la sociedad y de sus gobiernos en sus primeras décadas de existencia; al contrario la mayoría de ellas lo necesitaron: el ferrocarril, los automóviles, la aviación, las telecomunicaciones y no solo sus satélites, la energía nuclear de fisión y, si tiene éxito, la habrá tenido la energía nuclear de fusión caliente, el ordenador, e incluso internet que necesito apoyo total durante sus primeros 30 años de vida. Con unos niveles de insolación tan favorables como tenemos en España y con una dependencia energética del exterior, el apoyo de la energía solar en nuestro país es especialmente fructífero, pues nuestras instalaciones solares son muy eficientes, y ayudan a nuestra independencia energética. Teniendo en cuenta los precios presentes de algunos productos energéticos que debemos importar, se podría decir que la ayuda actual a las energías autóctonas resulta menor de lo que pagamos ahora por nuestra vulnerabilidad energética.

### **2.2.2. La política energética europea y española**

La evolución de los precios del petróleo y la distribución geográfica de las reservas de energía han condicionado las opciones energéticas de los países desarrollados desde hace más de tres décadas. De manera más reciente, las preocupaciones ambientales, el intenso proceso de crecimiento de los países emergentes, con el consiguiente efecto inflacionario sobre las fuentes de energía primaria y la liberalización del sector de la energía en Europa, han venido caracterizando el nuevo marco de referencia para la instrumentación de la política energética.

La Unión Europea ha remarcado la necesidad de un avance coordinado en la liberalización de los mercados, la garantía del suministro, el desarrollo de las infraestructuras de interconexión y la reducción de emisiones contaminantes.

La política energética en España ha avanzado a lo largo de estos ejes comunes de manera armonizada con los países europeos y al mismo tiempo se ha singularizado para dar respuesta a los principales retos que han caracterizado tradicionalmente el sector energético español, que de manera resumida pueden sintetizarse en los siguientes:

–Un consumo energético por unidad de producto interior bruto más elevado. Para producir una misma unidad de producto interior bruto, España consume más energía que la media de los países europeos, incluso en comparación con aquellos dotados con una estructura industrial y productiva y de un grado de desarrollo económico similar. Esta situación responde a factores de diversa índole, pero no se trata de una situación irreversible, sino del efecto de la acumulación de patrones de crecimiento económico muy intensivos en el consumo de energía. Para corregir esta tendencia, durante los últimos años, se han realizado importantes esfuerzos en materia de ahorro y eficiencia energética, que han permitido iniciar el camino hacia la convergencia con los valores medios europeos en intensidad energética, camino que es necesario recorrer en los próximos años.

–Elevada dependencia energética. La escasa presencia de yacimientos de energía primaria fósil ha supuesto históricamente una elevada tasa de dependencia energética en España. Esta mayor dependencia introduce fuentes de riesgo adicionales sobre los procesos productivos, como los relacionados con la garantía del suministro energético o con la volatilidad de los precios de los mercados internacionales.

–Elevadas emisiones de gases de efecto invernadero, explicadas fundamentalmente por el fuerte crecimiento de la generación eléctrica y de la demanda de transporte durante las últimas décadas.

Para dar respuesta a estos retos, la política energética en España se ha desarrollado alrededor de tres ejes: el incremento de la seguridad de suministro, la mejora de la competitividad de nuestra economía y la garantía de un desarrollo sostenible económica, social y medioambientalmente.

### **2.2.3. Evolución del marco normativo de las energías renovables en España**

Poco después de producirse la segunda crisis internacional del petróleo, la promulgación de la Ley 82/1980, sobre conservación de energía, representó el punto de partida para el desarrollo de las energías renovables en nuestro país. Desde entonces, un abundante desarrollo normativo ha ido configurando un marco de apoyo sostenido a la implantación de estas fuentes de energía, que ha dado confianza a los inversores y ha permitido a las empresas promotoras y a los fabricantes de equipos disponer de la financiación necesaria para realizar fuertes inversiones y colocar a las energías renovables españolas en puestos de cabeza en el concierto mundial. La Ley 54/1997, del Sector Eléctrico, estableció la liberalización del sector de la electricidad en España y fijó como objetivo para 2010 alcanzar un 12% del consumo de energía primaria a partir de fuentes renovables. La ley preveía, a tal fin, la elaboración de un Plan de Fomento de las Energías Renovables, que fue aprobado en diciembre de 1999. El Plan analizaba la situación y el potencial de estas energías y fijaba objetivos concretos para las diferentes tecnologías.

En 2005, cuando se estaba alejando la posibilidad de cumplir ese objetivo, el Gobierno aprobó un nuevo Plan de Energías Renovables (PER) 2005-2010 y un Plan de Acción para la mejora de la eficiencia energética, con la intención de aumentar la velocidad de cruce de implantación de estas fuentes y moderar el aumento de energía. El PER 2005-2010 mantuvo el objetivo del 12% de energías renovables en el consumo de energía primaria para 2010 e incorporó dos nuevos objetivos para ese año: un 5,83% de biocarburantes en el consumo de gasolina y gasóleo en el transporte y una contribución mínima de las fuentes renovables al consumo bruto de electricidad del 29,4%.

Durante la última década, pero especialmente desde 2005, la aportación de las energías renovables no ha dejado de crecer en España, arropadas por un marco regulatorio que ha aportado estabilidad a su desarrollo.

Una de las claves para entender el éxito de España en el ámbito de las energías renovables radica en el sistema de apoyo elegido. Todos los países entienden que las energías renovables son limpias, principalmente autóctonas y prácticamente inagotables, lo que las libra en gran medida de los vaivenes de precios que caracterizan a los combustibles fósiles, y que pueden suponer auténticos quebraderos de cabeza para países tan dependientes de recursos externos como España, donde esa dependencia ronda el 80%.

A juzgar por los resultados obtenidos, puede decirse que la elección del modelo adecuado de retribución económica a la energía producida es, probablemente, la clave del éxito de las renovables para generación eléctrica. España ha elegido el apoyo al precio de venta de la electricidad renovable, bien mediante el cobro de una tarifa fija (diferente para cada tecnología), bien mediante la percepción de una prima que se añade al precio de mercado, para las instalaciones que opten por esta forma de venta. El esquema se enmarca dentro de los comúnmente denominados “feed-in tariff” y es básicamente el mismo sistema de países como Alemania o Dinamarca que, junto con España, dibujan los escenarios de éxito de las energías renovables. Las primas están justificadas por las ventajas estratégicas y ambientales de las renovables y pretenden garantizar una rentabilidad razonable de las inversiones mientras las curvas de aprendizaje y las economías de escala van colocando a las diferentes tecnologías en condiciones óptimas para pelear codo con codo con las fuentes convencionales.

En junio de 2009 entró en vigor la Directiva 2009/28/CE relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables. Esta Directiva establece objetivos nacionales vinculantes, que para España coinciden con los del conjunto de la Unión Europea (un 20% de consumo final bruto de energías renovables para 2020 y un 10% en transporte) e insiste en la integración de las renovables en otros sectores como la edificación y el urbanismo. Además, se hace un reconocimiento expreso de las externalidades positivas de estas fuentes (energías limpias y autóctonas) y se garantiza la utilización, y el control, de los sistemas de apoyo por parte de los Estados Miembros, a fin de alcanzar los objetivos establecidos.

La Directiva forma parte del denominado Paquete Europeo de Energía y Cambio Climático, que incluye como objetivos para el año 2020 el aumento de la contribución de las energías renovables hasta alcanzar un 20%, de una reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero del 20% con respecto a los niveles de 1990, y de una mejora del 20% de la eficiencia energética hasta el año 2020. Es el llamado paquete 20-20-20, que integra diferentes medidas para reducir la dependencia energética exterior de la Unión Europea y luchar contra el cambio climático. Por todo ello, los expertos consideran la Directiva de extraordinario valor para que las renovables sigan creciendo y ganando cuota de mercado.

Sin embargo, teniendo en cuenta las conclusiones adoptadas por los Jefes de Estado y de Gobierno de la Unión Europea, podría materializarse un aumento en el objetivo de reducción de GEI hasta alcanzar el 30% en 2020. En ese caso habrá que modificar los objetivos nacionales de reducción de estos gases y las políticas para conseguirlos, lo que podría suponer la revisión de los objetivos del PER.

#### **2.2.4. Normativa aplicable**

##### Normativa general

Los sistemas fotovoltaicos se atienen a las normativas de cada uno de los países. En España, en cuanto a la normativa general, se deben mencionar los siguientes documentos:

- Directiva 2003/54/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 26 de junio de 2003 sobre normas comunes para el mercado interior de la electricidad y por la que se deroga la Directiva 96/92/CE.
- Directiva 2006/95/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 12 de diciembre de 2006, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre el material eléctrico destinado a utilizarse con determinados límites de tensión.
- Real Decreto 154/1995, de 3 de febrero, por el que se modifica el real decreto 7/1988, de 8 de enero, por el que se regula las exigencias de seguridad del material eléctrico destinado a ser utilizado en determinados límites de tensión.
- Real decreto 1627/1997 de 24 de Octubre, en el que se establece en el marco de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, las disposiciones mínimas de seguridad y de salud aplicables a las obras de construcción.
- Ley 54/1997 de 27 de Noviembre, Regulación de las actividades destinadas al suministro de energía eléctrica. BOE 285/1997 de 28 de noviembre.

- Real Decreto 2818/1998, de 23 de diciembre de 1998, del Ministerio de Industria y Energía, sobre producción de energía eléctrica por instalaciones abastecidas por recursos o fuentes de energía renovables, residuos y cogeneración.
- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Real Decreto 841/2002, de 2 de Agosto por el que se regula para las instalaciones de producción de energía eléctrica en régimen especial su incentivación en la participación en el mercado de producción, determinadas obligaciones de información de sus previsiones de producción, y la adquisición por los comercializadores de su energía eléctrica producida
- Real Decreto 842/2002, de 2 de Agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, con sus Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Real Decreto 1433/2002, de 27 de diciembre de 2002 por el que se establecen los requisitos de medida en baja tensión de consumidores y centrales de producción en Régimen Especial.
- Real Decreto Legislativo 2/2004, de 5 de marzo, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley Reguladora de las Haciendas Locales (B.O.E. nº 59 de 09/03/2004) y su corrección de errores (B.O.E. nº 63 de 13/03/2004) y en el que se establece una bonificación del impuesto sobre actividades económicas para aquellas entidades que utilicen o produzcan energía a partir de fuentes renovables y la posibilidad de bonificaciones en el impuesto sobre construcciones, instalaciones y obras para edificios que incorporen sistemas de aprovechamiento solar térmico o eléctrico.
- Real Decreto 314/2006 de 17 de Marzo, Código Técnico de Edificación.
- Real Decreto 1580/2006, de 22 de diciembre, por el que se regula la compatibilidad electromagnética de los equipos eléctricos y electrónicos.
- Real Decreto 661/2007, de 25 de Mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial. BOE 126/2007 de 26 de mayo. Corrección de errores en BOE 177/2007, de 25 de julio. Corrección de errores en BOE 178/2007, de 26 de julio.
- Ley 17/2007, de 4 de julio, por la que se modifica la Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico, para adaptarla a lo dispuesto en la Directiva 2003/54/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 26 de junio de 2003, sobre normas comunes para el mercado interior de la electricidad.
- Orden ITC/1522/2007, de 24 de mayo, por la que se establece la regulación de la garantía del origen de la electricidad procedente de fuentes de energía renovables y de cogeneración de alta eficiencia.
- Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, por el que se aprueba el Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción (B.O.E. nº 27 de 31/01/2007).
- Real Decreto legislativo 1/2008, de 11 de enero, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos.
- Orden ITC/3801/2008, de 26 de diciembre, por la que se revisan las tarifas eléctricas a partir de 1 de enero de 2009.
- Real Decreto 1565/2010, de 19 de noviembre en el que se elimina el pago de energía primada a partir del año 25 prometido en el Real Decreto 661/2007. Artículo primero número 10
- Real Decreto Ley 14/2010 de 23 de diciembre en el que se modifica retroactivamente todas las tarifas reguladas y prometidas en el Real Decreto 661/2007.
- Real Decreto 1614/2010, de 7 de diciembre, por el que se regulan y modifican de-terminados aspectos relativos a la actividad de producción de energía eléctrica a partir de tecnologías solar termoeléctrica y eólica.
- Plan de Energías Renovables (PER) 2011-2020 aprobado por Acuerdo del Consejo de Ministros de 11 de noviembre de 2011, estableciendo objetivos acordes con la 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, y atendiendo a los mandatos del Real Decreto 661/2007, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial y de la Ley 2/2011, de 4 de marzo, de Economía Sostenible.
- Orden ITC/3353/2010, de 28 de diciembre, por la que se establecen los peajes de acceso a partir de 1 de enero de 2011 y las tarifas y primas de las instalaciones del régimen especial.

## Normativa específica

### ➤ Energía solar fotovoltaica

- Real Decreto 1663/2000, de 29 de septiembre sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión.
- Resolución de 31 de mayo de 2001 por la que se establecen modelo de contrato tipo y modelo de factura para instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.
- Resolución de 27 de septiembre de 2007, de la Secretaría General de Energía, por la que se establece el plazo de mantenimiento de la tarifa regulada para la tecnología fotovoltaica, en virtud de lo establecido en el artículo 22 del Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo
- Real Decreto 1578/2008, de 26 de septiembre, de retribución de la actividad de producción de energía eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica para instalaciones posteriores a la fecha límite de mantenimiento de la retribución del Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, para dicha tecnología.

## 2.3. Instalaciones conectadas a la red eléctrica

### 2.3.1. Fotovoltaica conectada a la red.

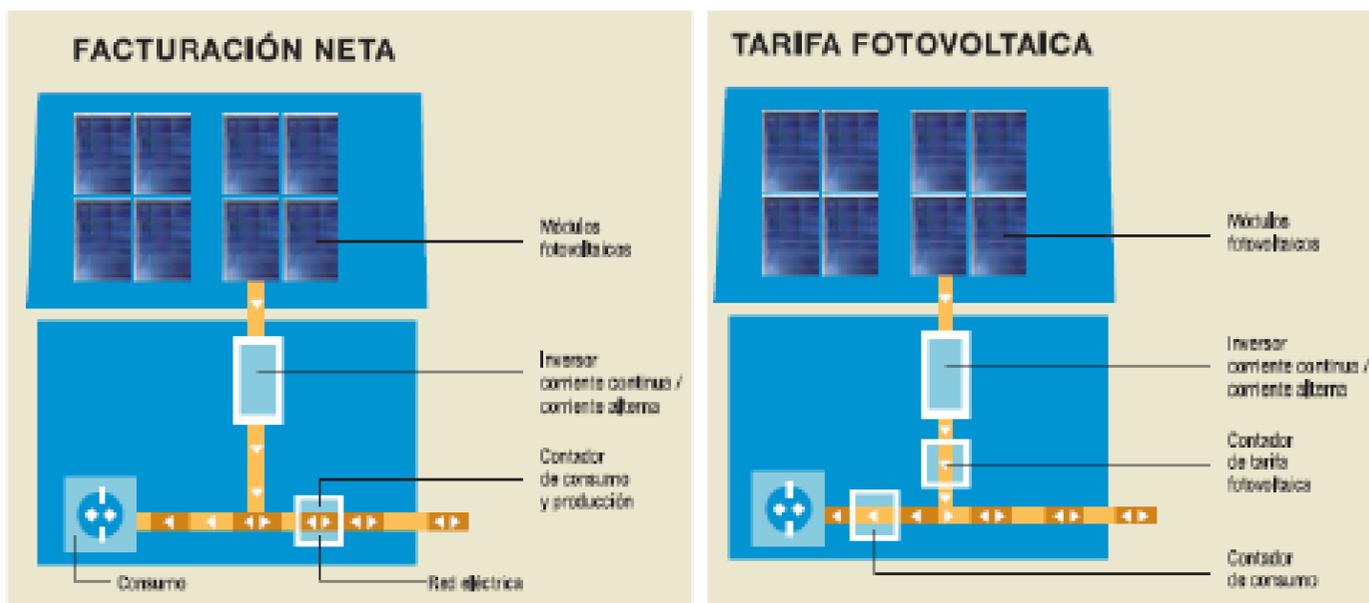
Más de un 90% de los generadores fotovoltaicos están conectados a la red de distribución eléctrica y vierten a ella su producción energética. Esto evita que instalaciones que necesiten baterías y constituyen una aplicación más directa y eficiente de la tecnología. Ya hay cientos de miles de sistemas fotovoltaicos conectados a la red que demuestran que la conexión a red es técnicamente factible y muy fiable. En países como Alemania, Japón o EE.UU., un número cada vez más de personas y empresas están interesadas en instalar un sistema fotovoltaico y conectado a la red. Las motivaciones para dar un paso semejante son diversas algunos lo hacen para ganar dinero con la venta de la electricidad solar; otros para ahorrar electricidad en los picos de demanda o para dar estabilidad al consumo si el suministro que reciben es inestable; muchos otros justifican en todo o parte la inversión por conciencia ambiental. En todos los casos existe la motivación de contribuir a desarrollo de esta tecnología limpia. Formas de conectarse a la red. Para la conexión a red se utiliza un inversor que convierte la corriente continua de los paneles en corriente alterna.

El inversor cumple además otras funciones monitoriza el sistema y lo desconecta de la red si hay algún funcionamiento anormal. Hay dos formas de conectarse a la red: la facturación neta y la tarifa fotovoltaica.

#### 2.3.1.1. Facturación neta.

La electricidad solar se usa primero para consumo propio y los excedentes, si los hay, se inyectan a la red. El sistema fotovoltaico se conecta cerca del contador, pero en el lado del consumidor, reduciendo la necesidad de comprar electricidad; por lo tanto, disminuye la factura de la compañía eléctrica, que suministra sólo la energía que no aportan los paneles. Cuando se produce un excedente, esa producción eléctrica se vierte en la red y puede recibir la tarifa fotovoltaica correspondiente, si lo contempla la regulación.

Esquemas facturación fotovoltaica



### 2.3.1.2. Tarifa fotovoltaica.

En los países donde la legislación obliga a las compañías eléctricas a aceptar la generación que conecta a sus redes y existe una tarifa para recompensar el Kwh. de origen fotovoltaico, el sistema solar se suele conectar directamente a la red eléctrica, de modo que se inyecta el 100% de la energía producida.

En la práctica, las dos formas logran que la electricidad generada se consuma en el lugar que se produce, ya sea en el propio edificio que aloja los paneles o por los consumidores cercanos a una instalación sobre suelo o sobre un elemento constructivo; sin embargo, financiera y administrativamente son dos casos muy distintos. En el caso de la tarifa fotovoltaica, mucho más eficaz para promover la fuente renovable, se tiene que emitir una factura y se tiene que llevar una contabilidad (En España, además, hay que hacer todos los trámites de una actividad económica, con la independencia del tamaño de la instalación), en el caso de la facturación neta, en cambio, se obtiene un ahorro de consumo que no conlleva ninguna carga burocrática.

### 2.3.2. Fotovoltaica en edificación.

La mayoría de los sistemas fotovoltaicos en edificios (viviendas, centros comerciales, naves industriales...) se montan sobre tejados y cubiertas, pero se espera que un creciente número de instalaciones se integren directamente en el cerramiento de los inmuebles, incorporándose a tejas y otros materiales de construcción.

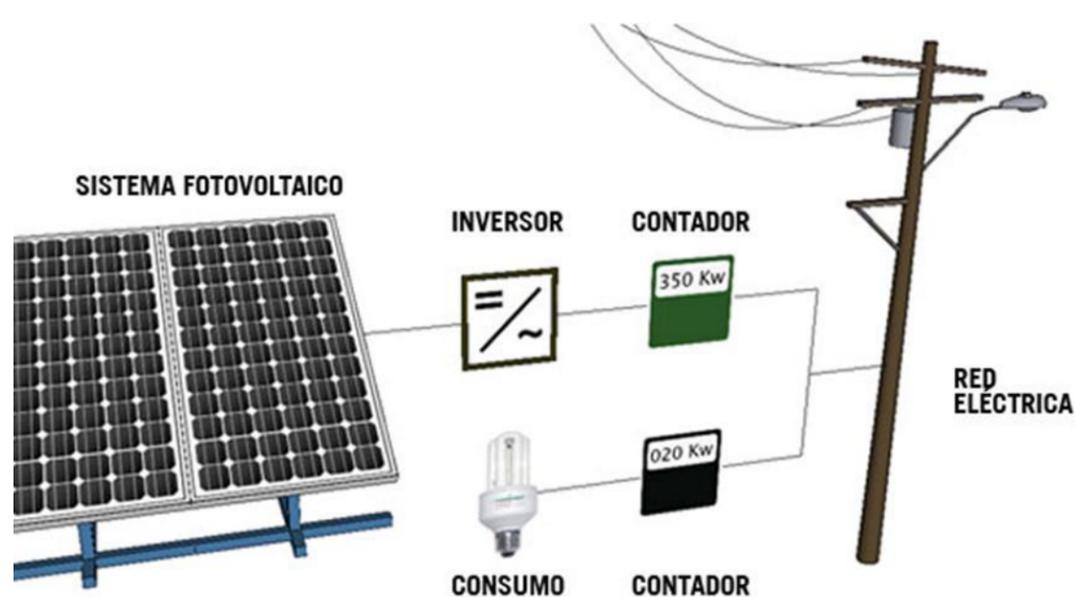
Los sistemas fotovoltaicos sobre tejados y cubiertas son de pequeño a mediano tamaño, esto es de 5 kw. a 200 kw. aunque a veces se supera este valor y se alcanzan dos o tres MW.

Los sistemas fotovoltaicos también pueden reemplazar directamente a los componentes convencionales de las fachadas. Las fachadas solares son elementos enormemente fiables que aportan un diseño moderno e innovador al edificio y, al mismo tiempo, producen electricidad. En varios países son elementos que contribuyen a la imagen de prestigio y al prestigio corporativo de las empresas.

Asimismo la fotovoltaica puede integrarse en otros elementos de la construcción: lamas parasoles, lucernarios, pérgolas, marquesinas, etc.

### 2.3.3. Elementos que componen la instalación

Los elementos que conforman la instalación son los siguientes:



#### 2.3.3.1. Generador fotovoltaico.

Que transforma la energía solar en energía eléctrica. Está constituido por paneles solares y estos a su vez están formados por varias células iguales conectadas eléctricamente entre sí, en serie y/o en paralelo, de forma que la tensión y corriente suministradas por el panel se incrementa hasta ajustarse al valor deseado. La mayor parte de los paneles solares se construyen asociando primero células en serie hasta conseguir el nivel de tensión deseado, y luego asociando en paralelo varias asociaciones serie de células para alcanzar el nivel de corriente deseado. Además, el panel cuenta con otros

elementos a parte de las células solares, que hacen posible la adecuada protección del conjunto frente a los agentes externos; asegurando una rigidez suficiente, posibilitando la sujeción a las estructuras que lo soportan y permitiendo la conexión eléctrica.

#### **2.3.3.2. Inversor.**

Es el equipo encargado de transformar la energía recibida del generador fotovoltaico (en forma de corriente continua) y adaptarla a las condiciones requeridas según el tipo de cargas, normalmente en corriente alterna y el posterior suministro a la red. Los inversores vienen caracterizados principalmente por la tensión de entrada, que se debe adaptar al generador, la potencia máxima que puede proporcionar y la eficiencia. Esta última se define como la relación entre la potencia eléctrica que el inversor entrega a la utilización (potencia de salida) y la potencia eléctrica que extrae del generador (potencia de entrada).

Aspectos importantes que habrán de cumplir los inversores: Deberán tener una eficiencia alta, pues en caso contrario se habrá de aumentar innecesariamente el número de paneles para alimentar la carga. Estar adecuadamente protegidos contra cortocircuitos y sobrecargas. Incorporar rearme y desconexión automáticos. Admitir demandas instantáneas de potencia mayores del 150% de su potencia máxima. Cumplir con los requisitos, que establece el Reglamento de Baja Tensión. Baja distorsión armónica. Bajo consumo. Aislamiento galvánico. Sistema de medidas y monitorización.

#### **2.3.3.3. Equipo de medida.**

Es el encargado de controlar numéricamente la energía generada y volcada a la red para que con los datos obtenidos se puedan facturar a la Compañía a los precios acordados.

#### **2.3.3.4. Estructura de soporte de las placas.**

El bastidor es el encargado de sujetar el panel solar, y muchas veces será un kit de montaje para instalarlo adecuadamente. En el caso de que no se suministrara en kit el instalador lo realizará de acuerdo a la normativa existente, además de tener en cuenta la fuerza del viento entre otras cosas. La estructura deberá soportar como mínimo una velocidad del viento de 150 Km./h. Esta estructura es la que fijará la inclinación de los paneles solares.

Hay varios tipos de estructuras: desde un simple poste que soporta 4 paneles solares, hasta grandes estructuras de vigas aptas para aguantar varias decenas de ellos.

Para anclar estos paneles utilizaremos hormigón y tornillos de rosca (acero inoxidable), siendo tanto la estructura como los soportes de acero inoxidable, hierro galvanizado o aluminio anodinado, de un espesor de chapa 1mm y han de dejar una altura mínima entre el suelo y el panel de 30cm, y en la montaña o lugares donde llueve mucho, algo mayor, para evitar que sean alcanzados o enterrados por la nieve o el agua. No obstante es recomendable consultar el reglamento electrotécnico de baja tensión M.B.T. 039.

Si se instalan mástiles, se tendrá que arriostrar, y si su base es de hormigón, la reforzaremos con tiras de acero, o introduciendo piezas metálicas en el hormigón cuando este esté blando, para que quede bien sujeto (éste es el método más empleado).

Pero si se montan las placas en postes, se utilizarán flejes de acero inoxidable grapados o unidos con una hebilla del mismo material.

#### **2.3.3.5. Caja General de Protección**

La caja general de protección es la encargada de salvaguardar toda la instalación eléctrica de un posible cortocircuito o punta de intensidad la cual afectaría a todos los componentes conectados a la red. Esta caja general de protección podrá llevar tanto protecciones térmicas como fusibles.

#### **2.3.3.6. Puesta a tierra.**

La puesta a tierra de la instalación es muy importante ya que delimita la tensión que pueda presentarse en un momento dado en las masas metálicas de los componentes, asegurando la actuación de las protecciones y eliminando el riesgo que supone el mal funcionamiento o avería de alguno de los equipos. tomas a tierra se establecen principalmente a fin de

limitar la tensión que puedan presentar en un momento dado las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados.

#### **2.3.3.7. Cableado de Interconexión**

Es el encargado de conectar los distintos paneles solares con las cajas de interconexión y con otra instrumentación.

Este cableado de paneles se realizará con materiales de alta calidad para que se asegure la durabilidad y la fiabilidad del sistema a la intemperie. El cableado evidentemente tendrá que cumplir con el reglamento técnico de baja tensión. Las conexiones, cables, equipos y demás elementos tendrán que tener el grado de protección IP.535, concepto que se define en la norma UNE 20-234.

Los cables utilizados tendrán una última capa de protección con un material resistente a la intemperie y la humedad, de tal forma que no le afecten internamente los agentes atmosféricos.

Entre las conexiones eléctricas entre paneles usaremos siempre terminales. Los terminales de los paneles pueden ser bornes en la parte de detrás del panel o estar situados en una caja de terminales a la caja espalda del mismo. En el primer caso tendremos capuchones de goma para la protección de los terminales contra los agentes atmosféricos. La caja de terminales es una buena solución en el caso de que cumpla con el grado de protección IP.535.

En instalaciones donde se monten paneles en serie y la tensión sea igual o mayor a 24V instalaremos diodos de derivación.

La sección del cable de conexión no debe de ser superior a 6mm. Es necesario también cuidar los sistemas de paso de los cables por muros y techos para evitar la entrada de agua en el interior. Las técnica y tendido para la fijación de los cables han de ser las habituales en una instalación convencional. Los conductor pueden ir bajo tubo al aire, en el primer caso puede ir empotrado o no. La sujeción se efectuará mediante bridas de sujeción, procurando no someter un excesivo dobléz a los radios de curvatura. Los empalmes se realizarán con accesorios a tal efecto, usando cajas de derivación siempre que sea posible.

#### **2.3.4. Acometida eléctrica.**

Es la parte de la instalación de red de distribución, que alimenta la caja general de protección o unidad funcional equivalente (CGP). Los conductores serán de cobre o aluminio. Esta línea está regulada por la ITC-BT-11.

Atendiendo su trazado, al sistema de instalación y a las características de la red, la acometida será subterránea. Los cables serán aislados, de tensión asignada 0,6/1 KV, y podrán instalarse directamente enterrados o enterrados bajo tubo.

Se remarca que la acometida será parte de la instalación constituida por la Empresa Suministradora, por lo tanto el diseño y trazado se basará en las normas propias y particulares de la misma.

El centro de transformación al que se conectará la instalación es objeto de un proyecto totalmente diferenciado y que se ajustará a las mejores condiciones de servicio propuestas por la Empresa Distribuidora.

#### **2.3.5. Instalación de enlace.**

##### **2.3.5.1. Caja de protección y medida.**

Por tratarse de un suministro a un único usuario, se colocará en un único conjunto la caja general de protección y el equipo de medida. El fusible de seguridad situado antes del contador coincidirá con el fusible que incluye una CGP.

Las cajas de protección y medida se instalarán en lugares de libre y permanente acceso. La situación se fijará de común acuerdo entre la propiedad y la empresa suministradora.

Se instalará un nicho de pared, que se cerrará con una puerta metálica, con un grado de protección IH10 según UNE-EN 50.102, revestida exteriormente de acuerdo con las características del entorno y estará protegida contra la corrosión, disponiendo de una cerradura normalizada por la empresa suministradora.

Los dispositivos de lectura de los Equipos se situarán en una altura comprendida entre 0,70 y 1,80 m. Se dejarán previstos los orificios necesarios para alojar los conductos de entrada a la acometida.

Las cajas de protección y medida a utilizar corresponderán a uno de los tipos recogidos en las especificaciones técnicas de la empresa suministradora. Dentro de los mismos se instalarán cortacircuitos fusibles en los conductores de fase, con poder de corte igual o superior a la corriente de cortocircuito previsto en el punto de instalación.

Las cajas de protección y medida cumplirán todo lo que indica en la Norma UNE-EN 60.349-1, y tendrán un grado de protección IP43 según UNE 20.324 Y IK 09 según UNE-EN 50.102 y serán precintables.

El envolvente deberá disponer de la ventilación interna necesaria que garantice la no formación de condensaciones. El material transparente para la lectura será resistente a la acción de los rayos ultravioleta. Las disposiciones generales de este tipo de caja quedan recogidas en la ITC-BT-13. El contador será de cuatro cuadrantes y dispondrá de un código de barras que será proporcionado por la compañía eléctrica.

### **2.3.5.2. Dispositivos generales e individuales de comando y protección.**

Los dispositivos generales de mando y protección se situarán lo más cerca posible del punto de entrada de la derivación individual. Se colocará una caja para el interruptor de control de potencia inmediatamente antes de los otros dispositivos, en compartimiento independiente y precintable. Esta caja se podrá colocar en el mismo cuadro donde se coloquen los dispositivos generales de comando y protección. La altura a la que se situarán los dispositivos generales e individuales de comando y protección de los circuitos, medida desde el nivel del suelo, estará comprendida entre 1 y 2 metros. Los envoltorios de los cuadros se ajustarán a las normas UNE 20.451 Y UNE-EN 50493-3, con un grado de protección mínimo de IP 30 según UNE 20.324 y IK07 según UNE-EN 50.102. El envolvente para el interruptor del control de potencia será precintable y sus dimensiones estarán de acuerdo con el tipo de suministro y tarifa a aplicar. Sus características y tipo serán de un modelo aprobado oficialmente.

El instalador fijará de forma permanente sobre el cuadro de distribución una placa, impresa con caracteres indelebles, en la cual conste su nombre o marca comercial, fecha de realización de la instalación, así como la intensidad asignada del interruptor general automático.

Los dispositivos generales e individuales de comando y protección serán, como mínimo:

Un interruptor general automático de corte omnipolar, de intensidad nominal 160 A que permite su accionamiento manual y dotado de elementos de protección contra sobrecarga y cortocircuitos según (ITC-BT-22). Tendrá poder de corte suficiente para la intensidad de corto circuito que pueda producirse en cualquier punto de la instalación.

Un relé diferencial general, con transformador toroidal asociado al interruptor general, destinado a la protección contra contactos indirectos de todos los circuitos (según ITC-BT-24).

## **3. DISEÑO DE LA CUBIERTA SOLAR FOTOVOLTAICA.**

### **3.1. Descripción de la situación actual**

La ubicación para la realización del proyecto está en el término municipal de L'Arboç en la comarca del Baix Penedès con una longitud de 1,6º y una latitud de 41,26º.

Con respecto a la superficie de tejados de la que se dispone es de unos 1.200 m<sup>2</sup>.

Los orígenes de Cooperativa Agrícola i Caixa Agrària de l'Arboç, S.C.C.L. se remontan al año 1919, fecha en la que un reducido grupo de agricultores fundaron una entidad que con el paso del tiempo sería pionera en la elaboración varietal y en la fermentación controlada a baja temperatura de los extraordinarios y aromáticos vinos y cavas del Penedès.

Esta cooperativa reúne 958 hectáreas de viña. En la actualidad, agrupa a 400 familias, que cultivan más de 1.000 hectáreas de viña, plantadas, fundamentalmente, con la uva chardonnay. El resto del viñedo lo ocupan las cepas blancas de macabeo, xarel·lo y parellada, y las tintas de cabernet sauvignon, tempranillo y merlot.

El edificio actual se encuentra a las afueras del pueblo de L'Arboç, en la carretera de Banyeres (TP-2124), antiguamente se encontraba dentro de la villa pero a causa de un incendio que asoló las instalaciones en el 2006 se trasladó a la ubicación actual en la cual se invirtieron 3,6 millones de euros.

### **3.2. Estimación de la radiación solar incidente**

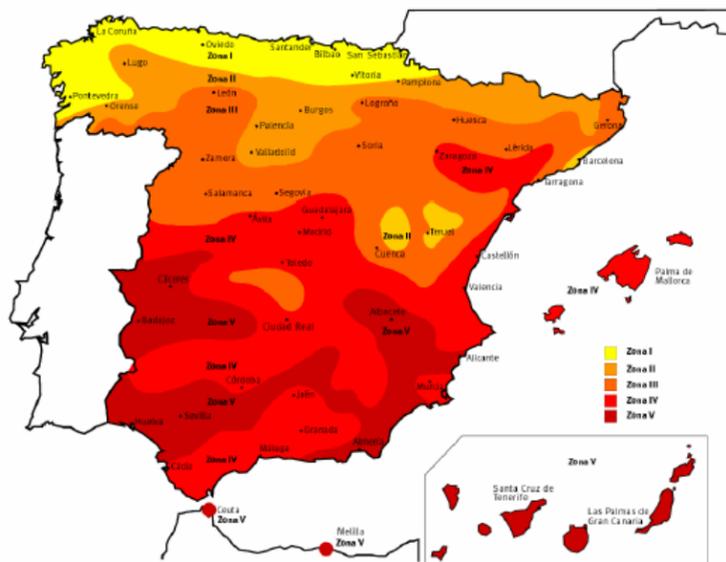
La distribución de los módulos sobre la cubierta se ha de realizar con el fin de maximizar la producción anual de energía. Los principales parámetros que afectan al rendimiento de una instalación solar son:

- Orientación
- Inclinación
- Sombras sobre los módulos fotovoltaicos

- Pérdidas eléctricas
- Ventilación de los módulos fotovoltaicos

Las condiciones de funcionamiento de un módulo fotovoltaico dependen de variables externas tales como la radiación solar y la temperatura de funcionamiento. Para poder efectuar el diseño de una instalación solar fotovoltaica se necesita saber la radiación del lugar. Para ello se ha de disponer de las tablas de radiación solar actualizadas de nuestra provincia (los institutos de energía elaboran anualmente un atlas de radiación).

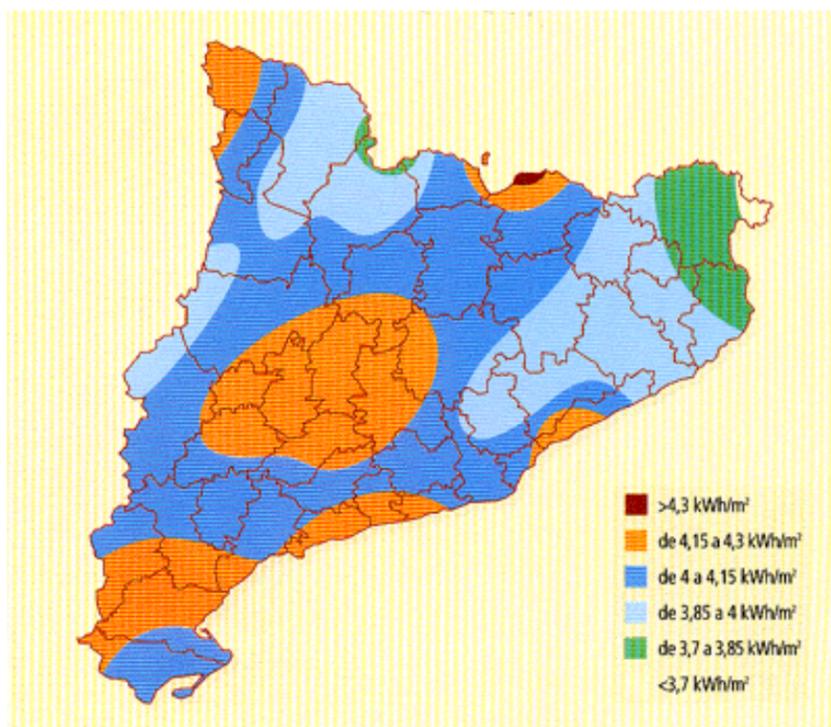
MES		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Irradiación 0°	(MJ/m2)	7,3	10,7	14,9	17,6	20,2	22,5	23,8	20,5	16,4	12,3	8,8	6,3



FUENTE: INM. Generado a partir de isoclinas de radiación solar global anual sobre superficie horizontal.

ZONA CLIMÁTICA	I	II	III	IV	V
IRRADIACIÓN MEDIA DIARIA (kWh/m <sup>2</sup> )	< 3,8	3,8 - 4,2	4,2 - 4,6	4,6 - 5,0	> 5,0

Irradiación media diaria en España según zonas climáticas

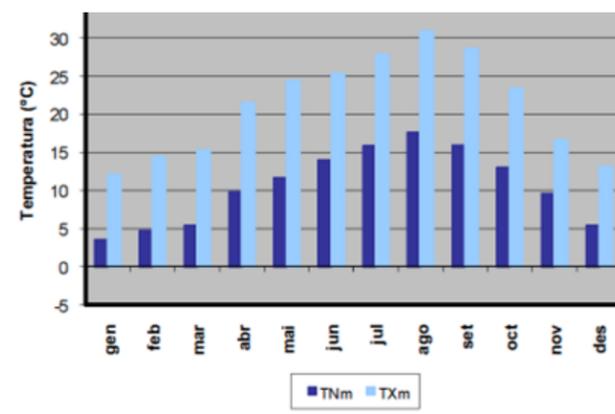
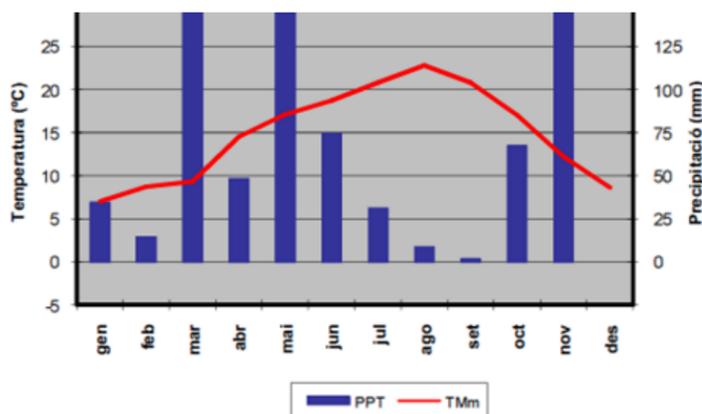
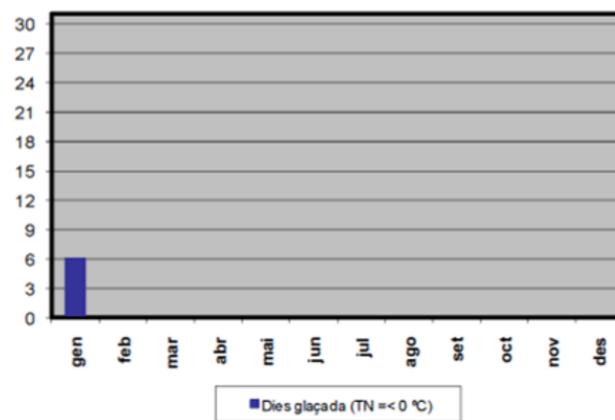
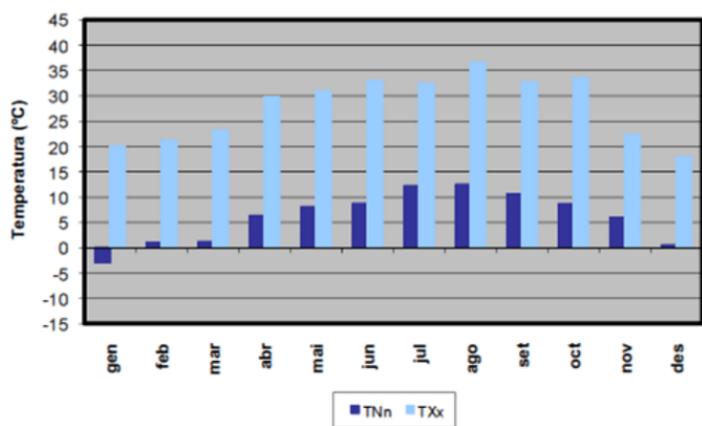


Mapa de radiación solar en Cataluña

En el mapa se indica la radiación solar global sobre el plano horizontal de valores medios mensuales de la radiación diaria, expresada en kWh/m<sup>2</sup>. El Instituto Catalán de energía (ICAEN) publicó el Atlas de radiación, donde se recogen datos de radiación global y difusa de las estaciones de la red de corrección radiométrica. En Cataluña, el promedio diario de radiación solar anual disponible es alrededor de 4 kWh/m<sup>2</sup> (14,5 MJ/m<sup>2</sup>) sin que existan importantes diferencias entre estos valores en todo el territorio. Es destacable la permanencia de valores altos durante todo el año en la Costa Dorada. Este fenómeno puede vincularse con el hecho de que hay probablemente muchos más brisas en la costa de Tarragona.

Para calcular la producción anual media de la instalación, es necesario primero determinar cuál será la radiación solar incidente sobre las placas fotovoltaicas.

La cantidad de energía que una superficie expuesta a los rayos solares puede absorber y esto dependerá del ángulo formado por los rayos solares y la superficie. Por norma general las medidas de radiación que se toman para una determinada zona se hacen en condiciones de orientación Sur y posición horizontal. Este es el caso de los datos de que disponemos de la población de El Vendrell.



Resumen año 2011

Precipitación acumulada (PPT): 826,7 mm

Temperatura media (TMm): 14,8 °C

Temperatura máxima media (TXm): 21,2 °C

Temperatura mínima media (TNm): 10,6 °C

Temperatura máxima absoluta (TXx): 36,6 °C ( 21/08/2011 )

Temperatura mínima absoluta (TNn): -2,9 °C ( 22/01/2011 )

Velocidad media del viento (a 6 m): 1,6 m/s

Dirección dominante (a 6 m): W

Humedad relativa media: 68 %

Media de la irradiación solar global diaria: 15,4 MJ/m2

### 3.3. Cálculo de la orientación e inclinación

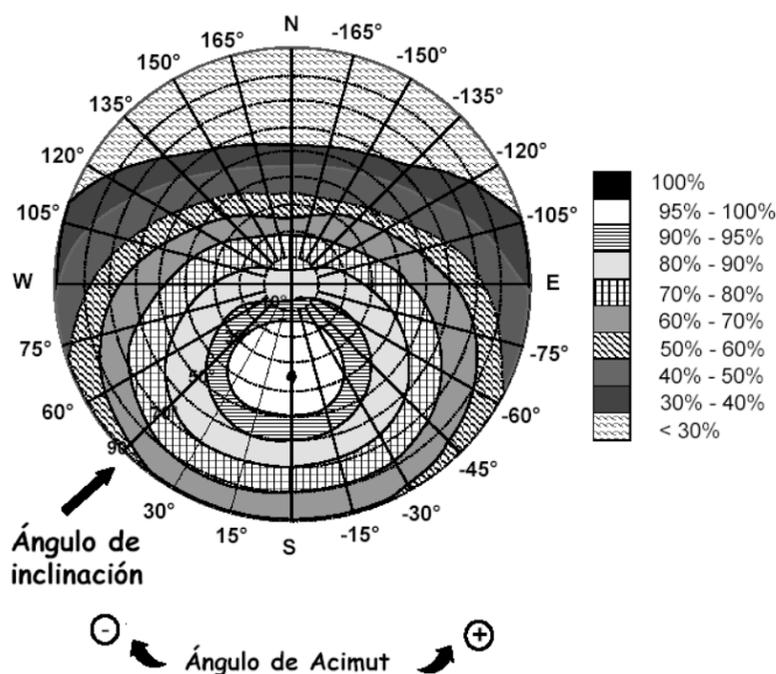
Para intentar aprovechar la máxima radiación posible los paneles se tienen que orientar con un acimut lo más próximo posible al sur y con un ángulo de inclinación lo más próximo a la latitud, desviada +10° si el consumo es preferente en invierno y -10° si es preferente en verano.

La ubicación para la realización del proyecto está en el término municipal de L'Arboç en la comarca del Baix Penedès con una longitud de 1,6° y una latitud de 41,26°. Como el lugar donde se van a instalar las placas solares es una cooperativa agrícola se consume más en verano y en otoño que en los meses de invierno. Por esta razón, y por la inclinación que ya tiene la vertiente del tejado que es de 30° y para evitar los costes de los soportes de las placas, la inclinación que se ha elegido para el emplazamiento es de 30°.

En lo que se refiere a la orientación y siguiendo las recomendaciones del CTE para evitar pérdidas de radiación por orientación e inclinación, y también por la posición del edificio hemos elegido una orientación de 20° en dirección oeste con respecto al sur.

En nuestro caso, para un ángulo de inclinación de 30° y un acimut de 20° nos da un resultado de rendimiento entre el 95-100%, según la figura publicada por el CTE para el cálculo de las pérdidas por orientación e inclinación distinta de la óptima y por sombras, que adjuntamos en el anexo correspondiente.

Para la comprobación de los valores que hemos escogido, adjuntamos a continuación la figura publicada por el CTE para el cálculo del factor “FS”, que considera las pérdidas por orientación e inclinación distinta de la óptima y por sombras.



Fuente: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) y Código Técnico de la Edificación (CTE). 2009.

Para obtener un cálculo más exacto se puede hacer uso de la siguiente fórmula:

$$\text{Pérdidas (\%)} = 100 [1,2 \cdot 10^{-4} (\beta - \Phi + 10)^2 + 3,5 \cdot 10^{-5} \cdot \alpha^2] \quad \text{para } 15^\circ < \beta < 90^\circ$$

$$\text{Pérdidas (\%)} = 100 [1,2 \cdot 10^{-4} (\beta - \Phi + 10)^2] \quad \text{para } \beta < 15^\circ$$

Donde:

$\beta$  = Ángulo de inclinación del módulo (30°).

$\Phi$  = Latitud del lugar (41,26°).

$\alpha$  = Azimut del módulo (20°).

Pérdidas (%) =  $100 [1,2 \cdot 10^{-4} (40 - 39,5 + 10)^2 + 3,5 \cdot 10^{-5} \cdot 15^2] = 1,42\%$  de pérdidas por inclinación y orientación.

A continuación, y como análisis informativo se muestra la tabla de los valores máximos exigidos por el CTE para pérdidas por orientación e inclinación, además de los valores de pérdidas por sombras.

En este caso, como la inclinación de los módulos solares será la misma inclinación que tiene la vertiente del tejado, no tendremos sombras entre los módulos ni tampoco las sombras que generan el propio tejado, y los valores de orientación e inclinación son más que aceptables.

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

Según este cuadro de pérdidas cumplimos con los valores máximos exigidos por el CTE.

### 3.4. Dimensionado:

Para el dimensionado de la instalación se han dispuesto una serie de condiciones económicas y de eficiencia. Como las vertientes de los tejados, de los que se va a disponer para la ubicación de los paneles, tienen una inclinación de 30°, se va a aprovechar para superponerlos, es decir, no se va a poner ningún tipo de estructura para el soporte o fijación de los módulos. Es por este motivo, que únicamente ocuparán las vertientes con la orientación más al sur. Y para evitar pérdidas por sombreado, colocaremos los paneles en el tejado más orientado al sur y en la parte superior del tejado posterior. Se ha medido los tejados donde se van a poner los módulos, y se disponen aproximadamente de unos 1.200 m<sup>2</sup>.

Para el cálculo de la irradiación con una inclinación de 30° y el número de horas sol pico al cabo del año se ha utilizado iniciar el dimensionado de la instalación fotovoltaica hemos utilizado un programa calculadora de HSP ([www.hmsistemas.es](http://www.hmsistemas.es)).

La hora solar pico (HSP) es una unidad que mide la irradiación solar y se define como el tiempo en horas de una hipotética irradiación solar constante de 1000 W/m<sup>2</sup>. Una hora solar pico equivale a 3.6 MJ/m<sup>2</sup> o, lo que es lo mismo, 1 kWh/m<sup>2</sup>.

Con respecto al valor de corrección atmosférico. Si en esta zona, la atmósfera suele estar limpia, como en montaña se multiplicara el anterior dato por 1.05, si por el contrario abunda la calima, contaminación etc, se reducirá multiplicando por 0.95, en caso de duda, dejadlo en 1.

MES	DIAS dia/mes	Irradiación 0º (MJ/m2)	K por atmósfera	H corregido (Katm=0,95)	K por inclinación 30º	irradiación 30º (MJ/m2)	HSP al día	HSP al mes
Enero	31	7,3	0,95	6,935	1,35	290,22975	2,5	77,5
Febrero	28	10,7	0,95	10,165	1,27	361,4674	2,6	72,8
Marzo	31	14,9	0,95	14,155	1,18	517,7899	3,3	102,3
Abril	30	17,6	0,95	16,72	1,08	541,728	4,6	138
Mayo	31	20,2	0,95	19,19	1,01	600,8389	5,8	179,8
Junio	30	22,5	0,95	21,375	0,99	634,8375	5,4	162
Julio	31	23,8	0,95	22,61	1,02	714,9282	5,9	182,9
Agosto	31	20,5	0,95	19,475	1,09	658,06025	5,9	182,9
Septiembre	30	16,4	0,95	15,58	1,21	565,554	5,2	156
Octubre	31	12,3	0,95	11,685	1,35	489,01725	4,4	136,4
Noviembre	30	8,8	0,95	8,36	1,44	361,152	3,3	99
Diciembre	31	6,3	0,95	5,985	1,42	263,4597	2,4	74,4
Año	365					5999,06285		1564

1- Instalación fotovoltaica:

La instalación se caracteriza por medio de su potencia nominal (Pn) que es la suma de las potencias nominales de los inversores. He elegido el inversor de conexión a red Sunways NT 10000 con una potencia nominal de entrada de 11 kW y una potencia pico de entrada de 12 kW, y con una eficiencia del 97,3%. Para obtener la potencia de 100KW tendremos que poner 10 inversores.

2- Número de módulos necesarios (n):

Hemos elegido los módulos solares JINKOSOLAR JKM-230M para la instalación fotovoltaica, para definir el número de módulos necesarios dividimos la potencia de 100 kW por la potencia del módulo solar y obtendremos el número de módulos fotovoltaicos necesarios, como tenemos de diferentes módulos con diferentes potencias, vamos a calcularlos para todas, en condiciones NOCT<sup>1</sup>:

- módulo de 230W →435 módulos
- módulo de 225W →445 módulos
- módulo de 220W →456 módulos
- módulo de 215W →466 módulos
- módulo de 210W →477 módulos

Se eligen los módulos de 230W por el problema de espacio antes mencionado.

3- Cálculo de la energía captada por los módulos solares:

Área de captación de las células:  $0,156 \cdot 0,156 \cdot 60 = 1,46 \text{ m}^2$

$6000 \text{ MJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{año}) \cdot 1,46 \text{ m}^2 / 3,6 \text{ MJ}/\text{kWh} = 2433 \text{ kWh}/\text{año} \rightarrow$  Energía solar que recibe cada módulo al año.

La energía (C/C) que sale del módulo hacia el inversor al año es igual al número total de horas de sol pico que son en total 1564 h por la potencia del módulo adoptado. Considerando el de mayor potencia, 0,23, con el fin de ahorrar espacio, tenemos:

$1564 \text{ h} \cdot 0,230 \text{ kW} = 360 \text{ kWh}/\text{año}$  de salida en C/C (por módulo)

De aquí se deduce que el rendimiento de conversión fotovoltaica obtenido es:

$100 \cdot 360 / 2433 = 14,80 \%$

<sup>1</sup> Los valores NOCT (Nominal Operation Cell Temperature = 45°C) son los valores típicos de dimensionamiento, con una temperatura del aire 25°C, Irradiancia = 800 W/m2 y viento de 1 m/s.

#### 4- Montaje de los módulos fotovoltaicos:

En condiciones de funcionamiento nominal (NOCT) y según el folleto de especificaciones técnicas, los módulos JINKOSOLAR JKM-230M de 230 Wp tienen una tensión nominal de 27,10 V y una intensidad de 6,32 A.

El inversor trifásico SUNWAYS NT 10000, por otra parte y según sus especificaciones técnicas, tiene un rango de tensiones de entrada entre 340 y 750 V, para una intensidad máxima de  $11 \times 3 = 33$  A.

Los paneles se distribuirán de modo tal que cumplan las características exigidas por los inversores donde van a ser conectados. Todos los datos que aparecen a continuación son obtenidos de las hojas de características del fabricante que se encuentra en el apartado hojas de características.

Paneles mínimos en serie=  $V_{DC1}/V_{mpp}=340 \text{ V}/27,10 \text{ V} = 13$

Paneles máximos en serie=  $V_{DC2}/V_{mpp}=750 \text{ V}/27,10 \text{ V} = 27$

$V_{DC1}$ ,  $V_{DC2}$ , Son los valores máximo y mínimo de corriente continua del inversor.

$V_{mpp}$ , Es el valor de voltaje máximo pico, que soporta el panel.

Número de series requeridas:

Nº máximo en paralelo=  $(P_n/V_{DC1})/I_{mpp} = (100000/340)/6,32 \text{ A} = 46$

Nº mínimo en paralelo=  $(P_n/V_{DC1})/I_{mpp} = (100000/750)/6,32 \text{ A} = 21$

$P_n$ , es el valor de la potencia de entrada al inversor

$I_{mpp}$ , es el valor de intensidad máxima pico que soporta el panel

En estas condiciones resulta que se pueden montar entre 13 y 27 módulos en serie (ya que cada uno da 27,10 V). Ello hace que haya que poner entre 21 y 46 series de módulos en paralelo. Como hay 10 inversores (que deben tener la misma carga), elegimos poner un múltiplo de 10 módulos: 440 módulos (5 de más) montándolos 20 en serie por 22 en paralelo.

#### 5- Energía obtenida:

- Entrada a cada uno de los 4 inversores (C/C):
  - Tensión nominal:  $20 \times 27,10 = 542 \text{ V}$  ( $< 750 \text{ V}$ )
  - Corriente nominal:  $3 \times 6,32 \text{ A} = 18,96 \text{ A}$  ( $< 33 \text{ A}$ )
  - Potencia nominal:  $542 \times 18,96 = 10276,32 \text{ Wp}$  ( $< 12000 \text{ Wp}$ )
  
- Salida del inversor (C/A trifásica):
  - Tensión de red:  $400 \text{ V}$
  - Intensidad por fase:  $(6,32 / 11,0) \times 16,0 = 9,19 \text{ A}$
  - Potencia entregada:  $\sqrt{3} \times 400 \times 9,19 = 6368,91 \text{ W} = 6,37 \text{ kW}$
  
- Producción eléctrica cedida a la red:
  - Potencia total:  $10 \times 6,37 = 63,7 \text{ kW}$
  - Producción total:  $63,7 \text{ kW} \times 1564 \text{ h} = 99.626,8 \text{ kWh/año}$

Es decir, se producen anualmente unos **99.626 kWh** de energía eléctrica en corriente alterna trifásica (para autoconsumo o para cesión a la red).

## IMPACTOS AMBIENTALES Y SOCIALES

### 3.5. Ventajas de la instalación de energía solar fotovoltaica

En primer lugar se va a realizar un análisis global de las ventajas del uso de las tecnologías solares energéticas en comparación con las fuentes energéticas convencionales. La energía fotovoltaica se presenta como una de las formas de generación más benignas con el medio ambiente. Representa la opción más viable en entornos urbanos mediante la sustitución de materiales constructivos en los edificios. Se plantea como la mejor opción también en zonas de interés turístico y Parques Naturales, debido a la no presencia de postes de tendido eléctrico ni cables visibles.

Desde el punto de vista ambiental, las implicaciones positivas son de sobra conocidas, no obstante se exponen a continuación algunas de las más importantes:

- Reducción de la emisión de gases de efecto invernadero, principalmente dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), y también de partículas sólidas.
- Menor necesidad de líneas de transporte de electricidad desde los puntos de generación hasta los puntos de consumo.

Si tenemos en cuenta el punto de vista socioeconómico podemos hablar de otras implicaciones positivas como son:

- El aumento de independencia energética regional o nacional.
- Creación de empleo.
- Una diversificación de la energía que conlleva un aumento de la fiabilidad del aporte energético.
- Una aceleración de la electrificación rural en los países en vías de desarrollo.

A nivel individual se obtienen los siguientes beneficios:

- Ayuda a una nueva forma de generar electricidad, capacidad de convertirse uno mismo en productor y gestor de energía eléctrica durante muchos años.
- Ante una instalación aislada se desarrolla una mayor conciencia de ahorro energético en la familia.
- Contribuir a un mejor futuro, un adecuado desarrollo, para nuestros hijos y nietos.
- El desembolso inicial es elevado pero el mantenimiento es mínimo.
- La instalación fotovoltaica aumenta el valor del inmueble.

### 4.2. Inconvenientes: Impacto ambiental de una instalación de energía fotovoltaica

Aparte de las ventajas y beneficios que conlleva una energía limpia como es la energía fotovoltaica, también es susceptible de producir impactos ambientales. Se van a diferenciar distintas categorías de impactos sobre el medio ambiente:

#### ➤ Uso de los terrenos

El grado de impacto ambiental sobre el uso de terrenos en ecosistemas naturales depende de factores específicos como la topografía y el paisaje, además de la cercanía de áreas de interés natural.

Es necesario nombrar también el efecto de la superficie cubierta por el sistema fotovoltaico. El impacto se produce fundamentalmente durante la fase de construcción debido a los movimientos de tierra y a la modificación del paisaje. Es necesario tener en cuenta el posible perjuicio que se le puede ocasionar a las tierras de cultivo produciendo la no aceptación de estas por parte de los agricultores de la zona.

➤ **Emisiones, derrames o vertidos accidentales**

Durante el uso de una instalación ya construida no se produce emisión de sustancias nocivas ya sean líquidas o gaseosas. Una mención especial merecen los módulos que contienen telurio de cadmio, que incluyen pequeñas cantidades de sustancias tóxicas. En plantas a gran escala se puede producir la liberación de estas sustancias nocivas en caso de operaciones anormales de la planta, pudiéndose producir cierto riesgo para la salud de los trabajadores. En cualquier caso, este efecto se puede paliar mediante unos planes de emergencia adecuados. En cuanto a derrames al suelo o vertido a las aguas subterráneas se considera que sólo se pueden producir en caso de almacenamientos incorrectos.

➤ **Impacto visual**

Es uno de los impactos más destacados de la energía fotovoltaica, fundamentalmente dependerá del tipo de instalación que está considerando y del entorno en que ésta se utilice. Algunas de las consideraciones que se deben tener en cuenta:

- Elegir soluciones arquitectónicas óptimas para minimizar el impacto.
- Elegir el emplazamiento y diseño adecuado para plantas a gran escala.

➤ **Agotamiento de los recursos naturales**

La producción actual de módulos fotovoltaicos necesita cantidades elevadas de materiales y energía primaria, sobre todo en los módulos de células monocristalinos y policristalinos. Si se utilizaran células de capa delgada las necesidades energéticas serían menores por cada vatio de potencia del módulo pero la eficiencia sería menor. En las nuevas tecnologías de módulos que se están usando se necesitan pequeñas cantidades de materiales escasos como Indio, Telurio o Galio, así como Cadmio.

➤ **Contaminación atmosférica**

Para estudiar el nivel de contaminación atmosférica se va a analizar principalmente el ciclo de vida. Las emisiones dependen de la eficiencia del proceso de fabricación y de la producción de electricidad. Las emisiones importantes son las realizadas durante la fase de producción, ya que las producidas durante la fase de transporte son prácticamente nulas. Algunos valores de las emisiones estimadas por cada kWp instalado en el caso de tecnología mono y policristalina son los siguientes:

- 2757- 3845 kg CO<sub>2</sub> / kWp.
- 5,049- 5,524 kg SO<sub>2</sub> / kWp.
- 4,507- 5,273 kg NO<sub>x</sub>/ kWp.

➤ **Generación de ruidos**

Durante el funcionamiento normal no existe ningún tipo de emisión de ruido, únicamente se produce contaminación acústica y en un pequeño grado durante la fase de construcción.

➤ **Tratamiento de los residuos**

Se hace especial hincapié en el caso de los sistemas de generación aislados debido a la presencia de las baterías. Éstas se presentan como las máximas responsables de los impactos ambientales debido a su relativa pequeña vida útil, al contenido de metales pesados, a las altas necesidades energéticas en su fabricación y al uso de materiales especiales.

#### **4.3 Impactos ambientales de la energía solar fotovoltaica a lo largo del ciclo de vida de la instalación**

➤ **Fase de fabricación**

En la fase de fabricación podemos distinguir las emisiones consecuencia del propio proceso de fabricación, de las emisiones debidas a la producción de energía consumida en todo el proceso.

Las emisiones por el propio proceso de fabricación incluyen extracción, purificación y elaboración de las obleas de Silicio (Si), así como montaje del módulo. Los compuestos emitidos que se encuentran en una mayor concentración son Flúor, Cloro y partículas respirables de Silicio, en forma de polvo de sílice (SiO<sub>2</sub>). Son consecuencia de la purificación y el posterior grabado y texturizado de las células.

Las emisiones debidas a la producción de energía que se consume en el proceso de fabricación son principalmente CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y SO<sub>2</sub>. Su producción deriva del proceso de conversión de energía primaria a energía eléctrica utilizada en la fabricación de los módulos.

Los valores de las emisiones dependen de parámetros como las necesidades de energía para la fabricación, la forma de la energía consumida o el tipo de instalación.

#### ➤ **Fase de funcionamiento**

Como se ha citado anteriormente durante la fase de funcionamiento en instalaciones conectadas a red no se producen emisiones contaminantes, únicamente se podrían producir por las emisiones de H<sub>2</sub> de las baterías durante el proceso de carga y descarga. Accidentalmente podrían producirse vertidos de ácido.

#### ➤ **Fase de reciclado**

En la fase de reciclado se producen emisiones resultado del consumo de energía necesario en el proceso de desmantelamiento y posterior tratamiento de los componentes. Dichas emisiones corresponden principalmente al transporte desde el lugar en que está la instalación hasta el centro de tratamiento, así como a la energía consumida para el reciclado de los componentes.

También se generan residuos sólidos cuando el módulo llega al final de su vida útil. En general, se trata de sustancias consideradas como no peligrosas para el medio ambiente. Se encuentran el silicio de las células, el vidrio, materiales plásticos y el aluminio del marco. También hay que considerar las pequeñas cantidades de metales pesados como cobre y plata.

### **4.4 Balance medioambiental**

Hay mucha información y muy dispar sobre las emisiones que producen las centrales térmicas por cada Kwh producido. Tomaremos como referencia los datos suministrados por ASIF (Asociación Industria Fotovoltaica). Según los datos incluidos en el Plan de Energías Renovables (PER), cada Kwh producido con carbón provoca unas emisiones de 977 g de CO<sub>2</sub> y si es producido con gas natural en ciclos combinados, 394 g de CO<sub>2</sub> por Kwh generado. El Kwh producido en España causa unas emisiones por término medio de 400 g de CO<sub>2</sub>.

Asimismo, existen otras emisiones nocivas como el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) o de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) sobre las que se pueden asumir las siguientes equivalencias según datos proporcionados por UNESA:

- 42 g SO<sub>2</sub>/kWh
- 18 g NO<sub>x</sub>/kWh

En conclusión, para la cubierta solar fotovoltaica conectada a la red eléctrica objeto del presente proyecto, el ahorro total de emisiones contaminantes es el que se resume en la siguiente tabla:

<b>Producción anual</b>	99.626 Kwh*
<b>Emisiones evitadas CO<sub>2</sub></b>	39.850 kg
<b>Emisiones evitadas NO<sub>x</sub></b>	4.184 kg
<b>Emisiones evitadas SO<sub>2</sub></b>	1.793 kg

#### Posibles medidas correctoras o minimizadoras

Algunas de las posibilidades para la minimización se resumen a continuación:

- Ubicar la instalación en el lugar más apropiado, es decir, donde el impacto sea menor. Lejos de zonas con densidad de población elevada o de espacios naturales protegidos. Es recomendable la integración en los tejados.
- Uso de prácticas de operación adecuadas, tomar medidas de protección y tratamiento de residuos al final de la vida útil.
- Compromiso con las organizaciones y con el público en general en las primeras etapas del desarrollo del proyecto, en aras de conseguir una aceptación social.
- El uso de las mejores técnicas disponibles. Realización de estudios que justifiquen la instalación de estas tecnologías.
- Integración en los edificios.
- Potenciar la fabricación de células más delgadas.
- Centrar toda la tecnología disponible en mejorar los módulos.
- Potenciar el uso de materiales más eficientes.
- Potenciación de tecnologías de reciclado.

## **II. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS**

1. Objeto
2. Reglamentación aplicable
3. Situación actual
4. Especificaciones técnicas
  - 4.1. Solar fotovoltaica
    - 4.1.1. Generalidades
    - 4.1.2. Orientación e inclinación y sombras
    - 4.1.3. Diseño del sistema de monitorización
    - 4.1.4. Integración arquitectónica
    - 4.1.5. Componentes y materiales
    - 4.1.6. Sistemas generadores fotovoltaicos
    - 4.1.7. Estructura soporte
    - 4.1.8. Inversores
    - 4.1.9. Cableado
    - 4.1.10. Conexión a red
    - 4.1.11. Medidas
    - 4.1.12. Protecciones
    - 4.1.13. Puesta a tierra de las instalaciones fotovoltaicas
    - 4.1.14. Armónicos y compatibilidad electromagnética
    - 4.1.15. Recepción y pruebas
    - 4.1.16. Requerimientos técnicos del contrato de mantenimiento
    - 4.1.17. Programa de mantenimiento
    - 4.1.18. Garantías
    - 4.1.19. Plazos
    - 4.1.20. Condiciones económicas
    - 4.1.21. Lugar y tiempo de la prestación
5. Evaluación de impacto ambiental
6. Formación

## 1.OBJETO

La instalación de un sistema fotovoltaico de módulos solares en una cooperativa agrícola.

## 2. REGLAMENTACIÓN APLICABLE

La normativa de aplicación se encuentra recogida en el Documento nº1 Memoria.

## 3. SITUACIÓN ACTUAL

La potencia neta instalada en la actualidad es de 100 kW. Las necesidades de energía eléctrica pretenden satisfacerse mediante un sistema de energías alternativas, evitando el uso de otro tipo de energías provenientes de combustibles fósiles, consiguiendo así beneficios económicos y medioambientales.

## 4. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

El objeto de esta especificación es presentar algunos datos y características técnicas, de modo que se pueda conocer la situación actual y prevista del proyecto.

### 4.1. Solar fotovoltaica

#### 4.1.1. Generalidades

El módulo fotovoltaico seleccionado cumplirá las especificaciones técnicas.

Todos los módulos que integran la instalación serán del mismo modelo.

El modelo elegido ha de cumplir las normas vigentes.

#### 4.1.2. Orientación e inclinación y sombras

La orientación e inclinación del generador fotovoltaico y las posibles sombras sobre el mismo serán tales que las pérdidas sean inferiores a los límites de la tabla del CTE. Se considerarán tres casos: general, superposición de módulos e integración arquitectónica.

En todos los casos se han de cumplir tres condiciones: pérdidas por orientación e inclinación, pérdidas por sombreado y pérdidas totales inferiores a los límites estipulados respecto a los valores óptimos.

*Tabla I*

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

En todos los casos deberán evaluarse las pérdidas por orientación e inclinación del generador y sombras.

#### 4.1.3. Diseño del sistema de monitorización

El sistema de monitorización proporcionará medidas, como mínimo, de las siguientes variables:

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

- Temperatura de los módulos en integración arquitectónica y, siempre que sea posible, en potencias mayores de 5 kW.
- Los datos se presentarán en forma de medias horarias. Los tiempos de adquisición, la precisión de las medidas y el formato de presentación se hará conforme al documento del JRC-Ispra “Guidelines for the Assessment of Photovoltaic Plants - Document A”, Report EUR16338 EN.

El sistema de monitorización será fácilmente accesible para el usuario.

#### 4.1.4. Integración arquitectónica

En el caso de pretender realizar una instalación integrada desde el punto de vista arquitectónico la Memoria de Diseño o Proyecto especificarán las condiciones de la construcción y de la instalación, y la descripción y justificación de las soluciones elegidas.

Las condiciones de la instalación se refieren al impacto visual, la modificación de las condiciones de funcionamiento del edificio, la necesidad de habilitar nuevos espacios o ampliar el volumen construido, efectos sobre la estructura, etc.

En cualquier caso, el IDAE podrá requerir un informe de integración arquitectónica con las medidas correctoras a adoptar. La propiedad del edificio, por sí o por delegación, informará y certificará sobre el cumplimiento de las condiciones requeridas.

Cuando sea necesario, a criterio de IDAE, a la Memoria de Diseño o Proyecto se adjuntará el informe de integración arquitectónica donde se especifiquen las características urbanísticas y arquitectónicas del mismo, los condicionantes considerados para la incorporación de la instalación y las medidas correctoras incluidas en el proyecto de la instalación.

#### 4.1.5. Componentes y materiales

Como principio general se ha de asegurar, como mínimo, un grado de aislamiento eléctrico de tipo básico clase I en lo que afecta tanto a equipos (módulos e inversores), como a materiales (conductores, cajas y armarios de conexión), exceptuando el cableado de continua, que será de doble aislamiento.

La instalación incorporará todos los elementos y características necesarios para garantizar en todo momento la calidad del suministro eléctrico.

El funcionamiento de las instalaciones fotovoltaicas no deberá provocar en la red averías, disminuciones de las condiciones de seguridad ni alteraciones superiores a las admitidas por la normativa que resulte aplicable.

Asimismo, el funcionamiento de estas instalaciones no podrá dar origen a condiciones peligrosas de trabajo para el personal de mantenimiento y explotación de la red de distribución.

Los materiales situados en intemperie se protegerán contra los agentes ambientales, en particular contra el efecto de la radiación solar y la humedad.

Se incluirán todos los elementos necesarios de seguridad y protecciones propias de las personas y de la instalación fotovoltaica, asegurando la protección frente a contactos directos e indirectos, cortocircuitos, sobrecargas, así como otros elementos y protecciones que resulten de la aplicación de la legislación vigente.

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

#### 4.1.6. Sistemas generadores fotovoltaicos

Todos los módulos deberán satisfacer las especificaciones UNE-EN 61215 para módulos de silicio cristalino, o UNE-EN 61646 para módulos fotovoltaicos capa delgada, así como estar cualificados por algún laboratorio reconocido (por ejemplo, Laboratorio de Energía Solar Fotovoltaica del Departamento de Energías Renovables del CIEMAT, Joint Research Centre Ispra, etc.), lo que se acreditará mediante la presentación del certificado oficial correspondiente.

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

Los módulos deberán llevar los diodos de derivación para evitar las posibles averías de las células y sus circuitos por sombreados parciales y tendrán un grado de protección IP65.

Los marcos laterales, si existen, serán de aluminio o acero inoxidable.

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

Será rechazado cualquier módulo que presente defectos de fabricación como roturas o manchas en cualquiera de sus elementos así como falta de alineación en las células o burbujas en el encapsulante.

Se valorará positivamente una alta eficiencia de las células.

La estructura del generador se conectará a tierra.

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

#### 4.1.7. Estructura soporte

La estructura soporte de módulos ha de resistir, con los módulos instalados, las sobrecargas del viento y nieve, de acuerdo con lo indicado en la normativa básica de la edificación NBE-AE-88.

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

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

El diseño de la estructura se realizará para la orientación y el ángulo de inclinación especificado para el generador fotovoltaico, teniendo en cuenta la facilidad de montaje y desmontaje, y la posible necesidad de sustituciones de elementos.

La estructura se protegerá superficialmente contra la acción de los agentes ambientales. La realización de taladros en la estructura se llevará a cabo antes de proceder, en su caso, al galvanizado o protección de la estructura.

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

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

Se dispondrán las estructuras soporte necesarias para montar los módulos, tanto sobre superficie plana (terraza) como integrados sobre tejado, cumpliendo lo especificado anteriormente sobre sombras. Se incluirán todos los accesorios y bancadas y/o anclajes.

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

Si está construida con perfiles de acero laminado conformado en frío, cumplirá la norma MV-102 para garantizar todas sus características mecánicas y de composición química.

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

#### 4.1.8. Inversores

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

Las características básicas de los inversores serán las siguientes:

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

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

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

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

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

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

Las características eléctricas de los inversores serán las siguientes:

El inversor seguirá entregando potencia a la red de forma continuada en condiciones de irradiancia solar un 10 % superior a las CEM. Además soportará picos de magnitud un 30 % superior a las CEM durante períodos de hasta 10 segundos.

Los valores de eficiencia al 25 % y 100 % de la potencia de salida nominal deberán ser superiores al 85 % y 88 % respectivamente (valores medidos incluyendo el transformador de salida, si lo hubiere) para inversores de potencia inferior a 5 kW, y del 90 % al 92 % para inversores mayores de 5 kW.

El autoconsumo del inversor en modo nocturno ha de ser inferior al 0,5 % de su potencia nominal.

El factor de potencia de la potencia generada deberá ser superior a 0,95, entre el 25 % y el 100 % de la potencia nominal.

A partir de potencias mayores del 10 % de su potencia nominal, el inversor deberá inyectar en red.

Los inversores tendrán un grado de protección mínima IP 20 para inversores en el interior de edificios y lugares inaccesibles, IP 30 para inversores en el interior de edificios y lugares accesibles, y de IP 65 para inversores instalados a la intemperie. En cualquier caso, se cumplirá la legislación vigente.

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

#### 4.1.9. Cableado

Los positivos y negativos de cada grupo de módulos se conducirán separados y protegidos de acuerdo a la normativa vigente.

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

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

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

#### 4.1.10. Conexión a red

Todas las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en el Real Decreto 1663/2000 (artículos 8 y 9) sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión, y con el esquema unifilar que aparece en la Resolución de 31 de mayo de 2001.

#### 4.1.11. Medidas

Todas las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en el Real Decreto 1663/2000 (artículo 10) sobre medidas y facturación de instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.

#### 4.1.12. Protecciones

Todas las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en el Real Decreto 1663/2000 (artículo 11) sobre protecciones en instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión y con el esquema unifilar que aparece en la Resolución de 31 de mayo de 2001.

En conexiones a la red trifásicas las protecciones para la interconexión de máxima y mínima frecuencia (51 y 49 Hz respectivamente) y de máxima y mínima tensión (1,1 Um y 0,85 Um respectivamente) serán para cada fase.

#### 4.1.13. Puesta a tierra de las instalaciones fotovoltaicas

Todas las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en el Real Decreto 1663/2000 (artículo 12) sobre las condiciones de puesta a tierra en instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.

Todas las masas de la instalación fotovoltaica, tanto de la sección continua como de la alterna, estarán conectados a una única tierra. Esta tierra será independiente de la del neutro de la empresa distribuidora, de acuerdo con el Reglamento de Baja Tensión.

#### 4.1.14. Armónicos y compatibilidad electromagnética

Todas las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en el Real Decreto 1663/2000 (artículo 13) sobre armónicos y compatibilidad electromagnética en instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.

#### 4.1.15. Recepción y pruebas

El instalador entregará al usuario un documento-albarán en el que conste el suministro de componentes, materiales y manuales de uso y mantenimiento de la instalación. Este documento será firmado por duplicado por ambas partes, conservando cada una un ejemplar. Los manuales entregados al usuario estarán en alguna de las lenguas oficiales españolas para facilitar su correcta interpretación.

Antes de la puesta en servicio de todos los elementos principales (módulos, inversores, contadores) éstos deberán haber superado las pruebas de funcionamiento en fábrica, de las que se levantará oportuna acta que se adjuntará con los certificados de calidad.

Las pruebas a realizar por el instalador, con independencia de lo indicado con anterioridad en este PCT, serán como mínimo las siguientes:

- Funcionamiento y puesta en marcha de todos los sistemas.
- Pruebas de arranque y parada en distintos instantes de funcionamiento.
- Pruebas de los elementos y medidas de protección, seguridad y alarma, así como su actuación, con excepción de las pruebas referidas al interruptor automático de la desconexión.

Concluidas las pruebas y la puesta en marcha se pasará a la fase de la Recepción Provisional de la Instalación. No obstante, el Acta de Recepción Provisional no se firmará hasta haber comprobado que todos los sistemas y elementos que forman parte del suministro han funcionado correctamente durante un mínimo de 240 horas seguidas, sin interrupciones o paradas causadas por fallos o errores del sistema suministrado, y además se hayan cumplido los siguientes requisitos:

- Entrega de toda la documentación requerida en este PCT.
- Retirada de obra de todo el material sobrante.
- Limpieza de las zonas ocupadas, con transporte de todos los desechos a vertedero.

Durante este período el suministrador será el único responsable de la operación de los sistemas suministrados, si bien deberá adiestrar al personal de operación.

Todos los elementos suministrados, así como la instalación en su conjunto, estarán protegidos frente a defectos de fabricación, instalación o diseño por una garantía de tres años, salvo para los módulos fotovoltaicos, para los que la garantía será de 8 años contados a partir de la fecha de la firma del acta de recepción provisional.

No obstante, el instalador quedará obligado a la reparación de los fallos de funcionamiento que se puedan producir si se apreciase que su origen procede de defectos ocultos de diseño, construcción, materiales o montaje, comprometiéndose a subsanarlos sin cargo alguno. En cualquier caso, deberá atenerse a lo establecido en la legislación vigente en cuanto a vicios ocultos.

#### 4.1.16. Requerimientos técnicos del contrato de mantenimiento

Se realizará un contrato de mantenimiento preventivo y correctivo de al menos tres años.

El contrato de mantenimiento de la instalación incluirá todos los elementos de la instalación con las labores de mantenimiento preventivo aconsejados por los diferentes fabricantes.

#### 4.1.17. Programa de mantenimiento

El objeto de este apartado es definir las condiciones generales mínimas que deben seguirse para el adecuado mantenimiento de las instalaciones de energía solar fotovoltaica conectadas a red.

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

- Mantenimiento preventivo
- Mantenimiento correctivo

Plan de mantenimiento preventivo: operaciones de inspección visual, verificación de actuaciones y otras, que aplicadas a la instalación deben permitir mantener dentro de límites aceptables las condiciones de funcionamiento, prestaciones, protección y durabilidad de la misma.

Plan de mantenimiento correctivo: todas las operaciones de sustitución necesarias para asegurar que el sistema funciona correctamente durante su vida útil. Incluye:

- El análisis y elaboración del presupuesto de los trabajos y reposiciones necesarias para el correcto funcionamiento de la instalación.
- Los costes económicos del mantenimiento correctivo, con el alcance indicado, forman parte del precio anual del contrato de mantenimiento. Podrán no estar incluidas ni la mano de obra ni las reposiciones de equipos necesarias más allá del período de garantía.

El mantenimiento debe realizarse por personal técnico cualificado bajo la responsabilidad de la empresa instaladora.

El mantenimiento preventivo de la instalación incluirá al menos una visita (anual para el caso de instalaciones de potencia menor de 5 kWp y semestral para el resto) en la que se realizarán las siguientes actividades:

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

Realización de un informe técnico de cada una de las visitas en el que se refleje el estado de las instalaciones y las incidencias acaecidas.

Registro de las operaciones de mantenimiento realizadas en un libro de mantenimiento, en el que constará la identificación del personal de mantenimiento (nombre, titulación y autorización de la empresa).

#### 4.1.18. Garantías

Sin perjuicio de cualquier posible reclamación a terceros, la instalación será reparada de acuerdo con estas condiciones generales si ha sufrido una avería a causa de un defecto de montaje o de cualquiera de los componentes, siempre que haya sido manipulada correctamente de acuerdo con lo establecido en el manual de instrucciones.

La garantía se concede a favor del comprador de la instalación, lo que deberá justificarse debidamente mediante el correspondiente certificado de garantía, con la fecha que se acredite en la certificación de la instalación.

#### 4.1.19. Plazos

El suministrador garantizará la instalación durante un período mínimo de 3 años, para todos los materiales utilizados y el procedimiento empleado en su montaje. Para los módulos fotovoltaicos, la garantía mínima será de 8 años.

Si hubiera de interrumpirse la explotación del suministro debido a razones de las que es responsable el suministrador, o a reparaciones que el suministrador haya de realizar para cumplir las estipulaciones de la garantía, el plazo se prolongará por la duración total de dichas interrupciones.

#### 4.1.20. Condiciones económicas

La garantía comprende la reparación o reposición, en su caso, de los componentes y las piezas que pudieran resultar defectuosas, así como la mano de obra empleada en la reparación o reposición durante el plazo de vigencia de la garantía.

Quedan expresamente incluidos todos los demás gastos, tales como tiempos de desplazamiento, medios de transporte, amortización de vehículos y herramientas, disponibilidad de otros medios y eventuales portes de recogida y devolución de los equipos para su reparación en los talleres del fabricante.

Asimismo, se deben incluir la mano de obra y materiales necesarios para efectuar los ajustes y eventuales reglajes del funcionamiento de la instalación.

Si en un plazo razonable, el suministrador incumple las obligaciones derivadas de la garantía, el comprador de la instalación podrá, previa notificación escrita, fijar una fecha final para que dicho suministrador cumpla con sus obligaciones. Si el suministrador no cumple con sus obligaciones en dicho plazo último, el comprador de la instalación podrá, por cuenta y riesgo del suministrador, realizar por sí mismo las oportunas reparaciones, o contratar para ello a un tercero, sin perjuicio de la reclamación por daños y perjuicios en que hubiere incurrido el suministrador.

#### 4.1.21. Lugar y tiempo de la prestación

Cuando el usuario detecte un defecto de funcionamiento en la instalación lo comunicará fehacientemente al suministrador. Cuando el suministrador considere que es un defecto de fabricación de algún componente, lo comunicará fehacientemente al fabricante.

El suministrador atenderá cualquier incidencia en el plazo máximo de una semana y la resolución de la avería se realizará en un tiempo máximo de 15 días, salvo causas de fuerza mayor debidamente justificadas.

Las averías de las instalaciones se repararán en su lugar de ubicación por el suministrador.

Si la avería de algún componente no pudiera ser reparada en el domicilio del usuario, el componente deberá ser enviado al taller oficial designado por el fabricante por cuenta y a cargo del suministrador.

El suministrador realizará las reparaciones o reposiciones de piezas a la mayor brevedad posible una vez recibido el aviso de avería, pero no se responsabilizará de los perjuicios causados por la demora en dichas reparaciones siempre que sea inferior a 15 días naturales.

## 5. EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

Se realizara la evaluación de impacto ambiental, teniendo en cuenta la normativa vigente, especialmente el real decreto legislativo 1/2008, de 11 de enero, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos.

## 6. FORMACIÓN

Una empresa especializada, elegida por el Ayuntamiento se encargará de formar al personal que el propio Ayuntamiento designe sobre el modo de funcionamiento de los nuevos equipos instalados y en especial en lo relativos a toma de datos y conocimientos básicos de los equipos de medida y comunicación, mediante los cursos de formación que sean necesarios.

### **III.- ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD**

#### **1- MEMORIA**

##### **1.1- OBJETO DEL ESTUDIO**

##### **1.2- NORMATIVA**

##### **1.3- CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACION**

##### **1.4- DEFINICION DE LOS RIESGOS**

##### **1.5- MEDIDAS DE PROTECCION Y PREVENCION**

#### **2- PLIEGO DE CONDICIONES**

##### **2.1- DISPOSICIONES LEGALES APLICABLES**

##### **2.2- CONDICIONES PARA LOS MEDIOS DE PROTECCION**

##### **2.3- SERVICIOS DE PREVENCION**

##### **2.4- INSTALACIONES MÉDICAS**

#### **3- PUESTA EN PRACTICA SEGUIMIENTO Y CONTROL**

#### **1- MEMORIA**

##### **1.1- OBJETO DEL ESTUDIO**

Este documento contiene el estudio de seguridad y salud para la conexión de una instalación de producción de energía eléctrica fotovoltaica de baja tensión situada en una cooperativa agrícola en L'Arboç.

##### **1.2- NORMATIVA**

Como consecuencia de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales el MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA ha aprobado el REAL DECRETO 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, publicado en el B.O.E. núm. 256 de 25 de Octubre de 1997.

En este Real Decreto se define el nuevo ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD, así como el ESTUDIO BASICO DE SEGURIDAD Y SALUD y el PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO.

Según el artículo 17 de este Real Decreto, es obligatoria la inclusión del Estudio de seguridad y salud o del Estudio Básico de seguridad y salud en el proyecto de obra para poder visar dicho proyecto y también para la expedición de la licencia municipal y de otras autorizaciones y trámites por parte de las diferentes Administraciones públicas.

La elaboración del Estudio de Seguridad y Salud será obligatorio en el caso de:

- a) presupuesto de ejecución para contrata igual o superior a 451.000 Euros.

- b) duración de la obra superior a 30 días laborables y presencia simultánea de más de 20 trabajadores en la obra.
- c) suma de los días de trabajo del total de los trabajadores en la obra superior a 500.
- d) obras de túneles, galerías, conducciones subterráneas y presas.

En el resto de proyectos de obras no incluidos en el apartado anterior, se tendrá que elaborar un Estudio Básico de Seguridad y Salud.

### **1.3- CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACION**

#### **1.3.1- Descripción de la instalación y situación.**

La obra objeto de este estudio son las instalaciones eléctricas, obras y montajes asociados para la instalación de un conjunto de placas fotovoltaicas para generación de energía eléctrica.

#### **1.3.2- Descripción de los procesos.**

Por orden cronológico los procesos a realizar son los siguientes.

- Montaje de sistemas para asegurar la seguridad de las personas y las cosas.
- Montaje de estructura de soporte anclada a la cubierta existente.
- Montaje de las placas fotovoltaicas.
- Tendido de cables de potencia y de control.
- Conexiones de la puesta a tierra.
- Instalación de Inversores y tendido de líneas de corriente continua y corriente alterna.
- Instalación del cuadro de contadores, protección y medida.
- Pruebas y puesta en marcha.

#### **1.3.3- Número máximo previsto de personal y duración estimada de los trabajos de instalación**

La punta máxima de personal para la instalación eléctrica y la duración prevista para los trabajos corre a cargo de la empresa instaladora. Pero no debe superar los valores establecidos en el punto 1.2. para no ser obligatorio un estudio de seguridad y salud completo.

### **1.4- DEFINICION DE LOS RIESGOS**

Analizamos a continuación los riesgos previsibles inherentes a las actividades de ejecución previstas así como los derivados del uso de la maquinaria y medios auxiliares o de la manipulación de instalaciones, máquinas o herramientas eléctricas.

Con el fin de no hacer innecesariamente repetitiva la relación de riesgos generales, analizaremos primero los riesgos generales, que puedan darse en cualquiera de las actividades, y seguiremos después con el análisis de los específicos de cada actividad, incluyendo los que puedan afectar a terceras personas ajenas a la obra.

De esta forma se pretende, por un lado, hacer operativo este Plan ya que permite una visión general de los riesgos sobre los que habrá que insistir sistemáticamente añadiéndole la actuación sobre otros factores con base a actividades concretas.

#### **1.4.1- Riesgos generales.**

Entendemos como riesgos generales aquellos que afectan a todas las personas que trabajen en las actividades objeto de este Plan, independientemente de la actividad concreta que realicen.

Se prevé que puedan darse los siguientes:

- Caída de objetos, o componentes de la instalación sobre personas.
- Caída de personas a distinto nivel (por un hueco, desde plataformas).

- Caída de personas al mismo nivel
- Proyecciones de partículas a los ojos-
- Conjuntivitis por arco de soldadura u otros
- Heridas, en manos o pies, por el manejo de materiales
- Sobreesfuerzos
- Golpes y cortes por el manejo de herramientas
- Heridas por objetos punzantes o cortantes
- Golpes contra objetos
- Atrapamiento entre objetos
- Quemaduras por contactos térmicos.
- Exposición a descargas eléctricas.
- Atrapamiento por vuelco de máquinas
- Atropellos o golpes por vehículos en movimiento
- Polvo, ruido, etc.

#### **1.4.1.1- Riesgos específicos.**

Hacemos referencia a los riesgos propios de actividades concretas que afectan solo al personal que realiza trabajos en la misma.

Este personal estará expuesto a los riesgos generales antes relacionados, más los específicos de su actividad.

En consecuencia, analizamos a continuación las actividades más significativas.

#### **1.4.1.2- Albañilería y pintura.**

En la realización de estos trabajos, además de los generales, pueden darse los siguientes riesgos añadidos:

- Aumento de posibilidades de caídas de altura, de materiales o personas, a causa de la continua movilidad del trabajo.
- Intoxicación por inhalación de vapores tóxicos.
- Salpicaduras, principalmente a los ojos, de productos irritantes
- Incendios de vapores combustibles.

#### **1.4.1.3- Transporte de materiales y equipos dentro de la obra.**

En esta actividad, además de los riesgos generales, anteriormente descritos, son previsibles los siguientes:

- Desprendimiento y caída de la carga, o de una parte, por ser ésta excesiva o estar mal sujeta.
- Golpes contra partes salientes de la carga.
- Atropellos de personas.
- Vuelcos.
- Choques contra otros vehículos o máquinas.
- Golpes de la carga contra instalaciones.

#### **1.4.1.4- Trabajos de ferralla.**

Los riesgos más comunes, que además de los generales, se previenen en la manipulación y montaje de ferralla son:

- Caída de barras durante el izado y transporte de los paquetes-
- Cortes y heridas en el manejo de las barras o alambres.
- Atrapamiento durante las operaciones de carga y descarga de paquetes de barras o en la colocación de las mismas.
- Torceduras de pies, tropiezos y caídas al mismo nivel al caminar sobre las armaduras.
- Roturas eventuales de barras durante el doblado o estirado.

#### **1.4.1.5- Montajes electromecánicos de equipos y de accesorios.**

Además de los riesgos generales, son previsibles los siguientes:

- Caída de materiales por mala ejecución de maniobras de elevación y acoplamiento de los mismos o fallo mecánico de los equipos.
- Caída de los materiales.
- Caída de personas desde escaleras de mano o desde tuberías o estructuras.
- Explosiones o incendios debido al uso de gases en trabajos con soplete.

#### **1.4.2- Riesgos derivados del uso de máquinas y medios auxiliares.**

Analizaremos en este apartado los riesgos que, además de los generales, pueden presentarse en el uso de la maquinaria las herramientas eléctricas o mecánicas y los medios auxiliares,

Con el fin de que este plan sea lo más operativo posible, analizaremos los riesgos previsibles en estos medios auxiliares de ejecución clasificándolos en los siguientes grupos:

##### **1.4.2.1- Máquinas fijas, herramientas y cuadros eléctricos.**

Los riesgos más significativos son:

- Los característicos de trabajos en elementos con tensión eléctrica en los que pueden producirse accidentes por contactos tanto directos como indirectos.
- Lesiones por uso inadecuado, o malas condiciones, de máquinas giratorias o de corte.
- Proyecciones de partículas
- Cortes en manos por manipulación de material residual.

##### **1.4.2.2- Medios de elevación.**

Consideramos como riesgos específicos de estos medios, los siguientes:

- Caída de la carga por deficiente estrobo.
- Rotura de cable, gancho, estrobo, grillete o cualquier otro medio auxiliar de elevación.
- Golpes o aplastamientos por movimientos incontrolados de la carga.
- Vuelco de la grúa.
- Exceso de carga con la consiguiente rotura, o vuelco, del medio correspondiente.
- Fallo de elementos mecánicos o eléctricos.
- Caída de personas a distinto nivel durante las operaciones de movimiento de cargas.
- Atrapamiento de cualquier cuerpo durante las operaciones de estrobo o colocación de la carga.

##### **1.4.2.3- Medios de transporte.**

Nos referimos en este apartado a los medios de transporte interno de materiales, tales como plataformas, camiones, etc. y a los riesgos previsibles tales como:

- Los ya mencionados en el punto “Transporte de materiales y equipos dentro de la obra”.
- Cualquier accidente o incidente que pudiera producirse por fallo de frenos, dirección señalización de maniobras, etc.

#### **1.4.2.4- Andamios, plataformas y escaleras.**

Son previsibles los siguientes riesgos:

- Caídas de personas a distinto nivel.
- Vuelcos de andamios por fallos de la base o faltas de arriostramiento.
- Derrumbamiento de andamios por fallo de los soportes de sujeción.
- Vuelcos o deslizamiento de escaleras.
- Caída de materiales o herramientas desde el andamio.

#### **1.4.2.5- Equipos de soldadura y corte**

- Incendios.
- Quemaduras.
- Explosión de botellas de gases.
- Proyecciones incandescentes.

### **1.5- MEDIDAS DE PROTECCION Y PREVENCIÓN**

#### **1.5.1- Medidas preventivas colectivas y de carácter general.**

Se adoptarán las medidas preventivas propias de la obra, como son:

- Andamios metálicos.
- Redes: Se colocarán redes a lo largo de toda la nave, encima de la cubierta existente, de manera que se impida la caída de personas a distinto nivel.
- Líneas de vida: Se colocarán líneas de vida para cada diente de la nave industrial.

Todos los trabajadores deberán estar unidos en todo momento a dichas líneas de vida mientras trabajen sobre la cubierta.

- Escaleras de mano.
- Plataformas de trabajo

Las generales de la obra a prevenir por el contratista constructor y las específicas del trabajo de instalación eléctrica prevista.

En las fases de ayudas al paleta se tendrá un especial interés en arreglar las superficies de tránsito y evacuar los escombros.

El montaje de aparatos eléctricos siempre se realizará con personal especializado.

La iluminación con luces portátiles se hará mediante portalámparas estanco con mango aislante y reja de protección de la bombilla, alimentado a 220 V.

No se podrán establecer conexiones de conductores en los cuadros provisionales de obra sin enchufes macho-hembra.

Las escaleras de mano serán del tipo tijera, con zapatillas antideslizantes y cadena limitadora de la abertura.

Se prohíbe expresamente la formación de andamios utilizando escaleras de mano

No se podrán utilizar escaleras de mano o andamios de capitel en lugares con riesgo de caídas desde una altura, si antes no se han instalado las redes o protecciones de seguridad correspondientes.

Las herramientas a utilizar estarán protegidas con material aislante normalizado contra contactos con energía eléctrica.

Se retirarán inmediatamente las herramientas con el aislamiento defectuoso, cambiándolas con otras en buen estado.

Las pruebas de funcionamiento de la instalación eléctrica se anunciarán por escrito antes de que empiecen a todo el personal de la obra, para así poder evitar posibles accidentes.

Antes de conectar la instalación eléctrica se hará una revisión en profundidad de las conexiones de mecanismos, protecciones y uniones de todos los cuadros eléctricos y aparatos.

Antes de la operación anterior se comprobará la existencia real en las salas del centro de transformación, del taburete y de las perchas de maniobra, extintores de polvo seco, carteles avisadores y botiquín. Los operarios tendrán que llevar los equipos de protección personal.

### **1.5.2- Medidas preventivas personales.**

Indicamos la indumentaria para la protección personal, siendo su utilización más frecuente en esta fase de la obra.

- Casco de polietileno homologado para utilizarlo dentro de la obra de forma permanente.
- Botas aislantes. (CONEXIONES)
- Botas de seguridad.
- Guantes aislantes.
- Ropa de trabajo.
- Faja elástica para la sujeción de la cintura.
- Banqueta de maniobra aislante.
- Comprobadores de tensión.
- Herramientas aislantes.

## **2- PLIEGO DE CONDICIONES**

### **2.1- DISPOSICIONES LEGALES APLICABLES**

Serán de obligado cumplimiento las disposiciones que están dentro de las siguientes reglamentaciones:

- Estatuto de los trabajadores.
- Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el trabajo (O.M.9.3.71) (B.O.E. 16.3.71)
- Plan Nacional de Higiene y Seguridad en el Trabajo (O.M.9.3.71) (B.O.E. 11.3.71)
- Comités de Seguridad e Higiene en el trabajo (Decreto 432/71 11.3.71) (B.O.E. 16.3.71)
- Reglamento de Seguridad e Higiene en la industria de la construcción (O.M. 20.5.52) (B.O.E.15.6.52).
- Reglamento de los servicios Médicos de Empresa (O.M.21.11.59) (B.O.E.27.11.59)
- Ordenanza de Trabajo de la Construcción, Vidrio y Cerámica (O.M.28.8.70) (B.O.E.5/7/8/9/9.70)
- Homologación de los medios de protección personal de los trabajadores (P.M.17.5.74) (B.O.E.29.5.74)
- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (O.M. 20.9.73) (B.O.E. 9.10.73).
- Reglamento de aparatos elevadores para obras (O.M.23.5.77) (B.O.E 14.6.77).
- Convenio Colectivo Provincial de la Construcción.

-Obligatoriedad de la inclusión de un Estudio de Seguridad e Higiene en el trabajo, en los proyectos de edificación y obras públicas (Real Decreto 555/1986, 21.2.86) (B.O.E.21.3.86).

-Ley de prevención de riesgos laborales (LEY 31/1995,8.11.95).

-Reglamento de Alta Tensión (R.D.3275/1982,1.12.1982).

## **2.2- CONDICIONES PARA LOS MEDIOS DE PROTECCION**

Todas las piezas de protección personal y los elementos de protección colectiva tendrán un período de vida útil. Una vez finalizado este elemento se sustituirá por otro nuevo.

Cuando por las circunstancias del trabajo se produzca un deterioro más rápido de lo previsto en una determinada pieza o equipo, será repuesto inmediatamente, será rehusado y sustituido inmediatamente.

Se sustituirán las piezas y los equipos que a causa del uso se hayan deformado y no tengan la forma que recomienda el fabricante.

El uso de una pieza o de un equipo de protección, nunca representará un riesgo en sí mismo.

### **2.2.1- Protecciones personales.**

A continuación se describen las características de la indumentaria de protección personal más usual:

#### -Casco

El casco ha de ser de uso personal y obligado en las obras de construcción.

Tiene que ser homologado de acuerdo con la Norma Técnica Reglamentaria M.T.1. (Resolución de la D.G. De Trabajo de 14/12/74, B.O.E. 312 DEL 30.12.74).

Las principales características son:

-Clase N: se puede hacer servir en trabajos de riesgo eléctrico, a tensiones inferiores o iguales a 1000 V.

-Peso: no ha de sobrepasar de 450 gramos.

Los que hayan sufrido impactos violentos o que tengan más de 10 años, aunque no hayan sido utilizados, han de ser sustituidos por unos de nuevos.

En casos extremos los podrán utilizar diversos trabajadores, siempre que se cambien las partes interiores en contacto con la cabeza.

#### -Botas

Debido a que los trabajadores del ramo de la construcción están sometidos al riesgo de accidentes, y que hay posibilidad de perforación de las suelas por clavos, es obligado el uso de calzado de seguridad (botas, zapatos o sandalias) homologados de acuerdo con la Norma Técnica Reglamentaria M.T.5. (Resolución de la D.G. De Trabajo del 31.01.08, B.O.E. Núm. 37 del 12.02.80).

Las características principales son:

-Clase III: calzado con puntera y plantilla.

-Peso: no sobrepasaran los 800 gramos.

Cuando se trabaje en tierras húmedas donde se puedan recibir salpicaduras de agua o mortero, las botas serán de goma, Norma Técnica Reglamentaria M.T.27, Resolución de la D.G. De Trabajo del 03.12.81, B.O.E. núm. 305 del 22.12.81, Clase E.

#### -Guantes

Para evitar agresiones en las manos de los trabajadores (dermatosis, cortes, arañazos, picaduras, etc.) se utilizarán guantes. Pueden ser de diferentes materiales como por ejemplo:

-Algodón punto: trabajos ligeros

-Cuero: manipulación en general

-Malla metálica: manipulación de chapas cortantes.

-Lona: manipulación de maderas, etc.

Para la protección contra las agresiones químicas, han de estar homologados según la Norma Técnica Reglamentaria M.T.11 (Resolución de la D. G. de trabajo del 06.05.77) B.O.E núm. 158 del 04.07.77.

Para los trabajos en los que pueda haber riesgos de electrocución, se utilizarán guantes homologados de acuerdo con la Norma Técnica Reglamentaria M.T.4 (Resolución de la D.G. de Trabajo del 28.07.75. B.O.E. núm. 2111 del 03.11.75).

#### -Cinturones de seguridad

Cuando se trabaje en un lugar alto y con peligro de caídas eventuales, es preceptivo el uso de cinturones de seguridad homologados de acuerdo con las Normas Técnicas Reglamentarias siguientes:

M.T.13. (Resolución de la D.G. De trabajo del 08.06.77, B.O.E. núm. 210 del 02.09.77)

M.T. 21 (Resolución de la D.G. De trabajo del 21.02.81, B.O.E. núm.654 del 16.03.81)

M.T. 22 (Resolución de la D.G. De Trabajo del 23.02.81, B.O.E. núm. 65 del 17.03.81)

Las características principales son:

-Clase A: cinturón de sujeción.

Se utilizarán cuando el trabajador no tenga que desplazarse o cuando sus desplazamientos sean limitados. El elemento de enganche estará siempre tirante para impedir caída libre.

-Clase B: cinturón de suspensión.

Se utilizará cuando el trabajador pueda quedar suspendido, pero solo con la posibilidad de esfuerzos estáticos (peso del trabajador), nunca existirá la posibilidad de caída libre.

-Clase C: cinturón de caída.

Se utilizará cuando el trabajador pueda desplazarse y exista la posibilidad de caída libre. Se tiene que vigilar de forma especial la seguridad del punto de anclaje y su resistencia.

-Dispositivos contra caídas

Cuando los trabajadores hagan operaciones de elevación y descenso, se usarán dispositivos contra caídas según la clasificación, regulada a la Norma Técnica Reglamentaria M.T.28 (Resolución a la D.G. De trabajo del 25.09.82, B.O.E.núm. 229 del 14.12.82).

- Clase A: El trabajador hará operaciones de elevación y descenso y necesita libertad de movimientos.

- Clase B: Para operaciones de descenso o en las ocasiones en que haga falta una evacuación rápida de personas.

- Clase C: Para trabajos de duración corta y sustituyendo andamios.

#### - Protectores auditivos

Cuando los trabajadores estén en un lugar o área de trabajo con un nivel de ruido superior a los 80 dB (A), es obligatorio el uso de protectores auditivos que siempre son de uso individual. Estos protectores estarán homologados de acuerdo con la Norma Técnica Reglamentaria M.T.2. (Resolución de la D. G. de TRABAJO DEL 28.07.85 B.O.E.. núm.209 del 01.09.75).

Los protectores auditivos pueden ser: tapones, orejeras o cascos contra el ruido.

Según los valores de atenuación se clasifican en las categorías A,B,C,D,E.

#### - Protectores de la vista

Cuando los trabajadores están expuestos a la proyección de partículas, polvo y humo, salpicaduras de líquidos, radiaciones peligrosas o deslumbramientos, se tendrán que proteger la vista con gafas de seguridad y /o pantallas. Las gafas y oculares de

protección han de estar homologadas de acuerdo con las Normas Técnicas Reglamentarias M.T.16 (Resolución de la D.G. de Trabajo del 28.06.78, B.O.E. núm.216 del 09.09.78)

Las pantallas contra la proyección de cuerpos físicos han de ser de material orgánico, transparente, libre de estrías, rayas o deformaciones.

En el caso de pantallas de soldador se ajustarán a las homologaciones recogidas en las Normas Técnicas Reglamentarias M.T.3 (Resolución de la D.G. De Trabajo del 28.07.70) y M.T.18 (Resolución de la D.G. De trabajo del 19.01.79, B.O.E..núm...33 del 07.09.70) y M.T.19 (Resolución de la D.G. De Trabajo del 24.05.79, B.O.E.núm.148 del 27.06.79)

Las gafas protectoras tendrán el cristal doble; será oscuro y retráctil para facilitar que las partículas no las rallen o piquen.

Estas pantallas pueden ser de mano, con arnés propios para que los trabajadores se las ajusten a la cabeza, o acopladas al casco de seguridad.

#### - Protectores de las vías respiratorias

Consideramos como más frecuentes en este sector la inhalación de polvo en las operaciones de corte con disco de piezas cerámicas o de prefabricados de hormigón. Para proteger las vías respiratorias de los trabajadores dedicados a este trabajo, se harán servir caretas con filtro mecánico homologado de acuerdo con las Normas Técnicas Reglamentarias M.T.7. (Resolución de la D.G. de Trabajo del 28.07.75.B.O.E. núm. 215 de 08.09.75) y M.T.9 (Resolución de la D.G. de trabajo del 28.08.75. B.O.E. núm. 216 de 09.09.75)

#### -Ropa de trabajo

Los trabajadores utilizarán ropa de trabajo facilitada gratuitamente por la empresa. La ropa será de un tejido ligero y flexible, ajustada al cuerpo, sin elementos adicionales y fáciles de limpiar.

#### -Herramientas manuales para trabajos eléctricos en B.T.

Si se han de hacer trabajos eléctricos e instalaciones de B.T., las herramientas manuales utilizadas, como destornilladores, alicates, tenazas, etc. Han de estar homologadas de acuerdo con la Norma Técnica Reglamentaria M. T. 26 (Resolución de la D.G. de trabajo del 03.09.81.B.O.E. núm. 243 de 10.10.81.

#### -Barandillas

Han de estar colocadas alrededor del perímetro de los agujeros donde trabajan los instaladores eléctricos o mecánicos en los que hay peligro se que caigan las personas. Las otras las suministrará el constructor de la obra civil como ya se ha explicado al inicio de este estudio. Tendrán una altura de 90 cm. Con una barra intermedia de rodapiés.

Estarán ancladas y dimensionadas de forma que garanticen la retención de las personas, sin deformación permanente ni fractura.

#### -Redes perimétricas de forjado y verticales de escalera

Se entiende las proveerá el Contratista de la obra civil en las condiciones señaladas al principio de este estudio.

#### -Plataformas de trabajo

-Variedades: Andamios de capitel, castillos de hormigón, plataformas móviles voladas, plataformas móviles (con ruedas), etc.

-Materiales: plataforma generalmente de madera (excepto en casos especiales de ambientes donde hay peligro de combustión).

-Los castillos pueden ser indistintamente de madera o metálicos. Los segundos son más manejables que los primeros. Las plataformas voladas pueden ser de madera o metálicas, pero los sistemas de fijación serán metálicos.

-Uso prácticamente durante la ejecución de la obra de estructuras, cerramientos interiores, cerramientos exteriores reculados, fase de acabado e instalaciones, etc.

Condiciones constructivas; están definidas en el artículo 20 del O.G.S.H.T.

-Uso prácticamente durante la ejecución de la obra de estructuras, cerramientos interiores, cerramientos exteriores reculados, fase de acabado e instalaciones, etc.

-“Las plataformas de trabajo fijas o móviles, estarán hechas de materiales sólidos, su estructura y resistencia serán proporcionadas a las cargas fijas o móviles que hayan de soportar”.

-“Los pisos y pasillos de las plataformas de trabajo serán antideslizantes, manteniéndolos libres de obstáculos y estarán provistos de un sistema de drenaje que permita la eliminación de productos resbaladizos”.

-“Las plataformas que ofrezcan peligro de caídas desde más de 2 metros de altura estarán protegidas en todo su alrededor con barandillas y zócalos, atendiendo a las condiciones que se señalan en el artículo 23”.

-“Cuando se trabaje sobre plataformas móviles se utilizarán dispositivos de seguridad que eviten el desplazamiento o caídas.

-Estas condiciones se complementan con el artículo incluido en la subsección 2a. “Andamios” de la Ordenanza Laboral de la Construcción.

#### Art. 206

“Los tabloneros que formen la plataforma de los andamios se dispondrán de tal forma que no se pueda mover ni tampoco bascular, deslizarse o hacer cualquier movimiento peligroso”.

#### Art. 212

“Hasta 3 m. de altura se pueden utilizar andamios de caballetes metálicos fijos, sin trabas. Entre 3 y 6 metros de altura máxima permitida para este tipo de andamios se harán servir caballetes metálicos armados de bastidores metálicos trabados”.

Tendrán un mínimo de 60 cm. de ancho y estarán sujetos sólidamente a los puntos de anclaje, de tal manera que no puedan resbalarse ni volcarse.

Las plataformas que estén situadas a dos o más metros de altura, tendrán barandillas perimétricas completas de 90 cm. De altura, formadas por pasamanos, barra intermedia y rodapiés.

Solo podrán estar sin barandilla los lados de la plataforma o andamios situados de manera permanente a 30 cm. o menos de un parámetro vertical sólido.

#### -Cables de fijación de los cinturones de seguridad y puntos fuertes de anclaje

Tendrán una resistencia suficiente para poder resistir los esfuerzos que puedan recibir como consecuencia de su función de protección.

#### -Escaleras de mano

Tipos:

-Sencilla: Para superar alturas que no sobrepasen los 5 metros.

-Reforzada: Para superar alturas que no sobrepasen los 7 metros.

-Extensible: No se utilizan en el ramo de la construcción.

-De tijera: Para trabajos puntuales.

Materiales:

-De hierro: No se hacen servir para trabajar en presencia de corriente eléctrica, solo se utilizan para la función principal (desplazamientos).

-De aluminio: Son ligeras y manejables.

-De madera: Son las más recomendables para la industria de la construcción, tanto por su función principal como por la secundaria.

Uso:

Durante toda la obra y especialmente en las fases de estructura y acabado.

**Condiciones constructivas:** Definidas en el artículo 19 de la O.G.S.H.T.

-“La escalera de mano tendrá siempre las garantías que hagan falta por lo que hace a solidez, estabilidad y seguridad, y si es el caso, de aislamiento e incombustión”.

-“Cuando los montantes son de madera serán de una sola pieza y sus escalones estarán bien encajados y no solamente enclavados”.

-“Las escaleras de mano solamente se podrán pintar con barniz y no con pintura, debido a que con ésta pueden quedar escondidos posibles defectos”.

-“Se prohíbe empalmar escaleras” (exceptuando las extensibles que están garantizadas por los respectivos fabricantes).

-“Han de estar provistas de tacones, puntas de hierro grapas y otros mecanismos antideslizantes en los pies, o de ganchos de sujeción en la parte superior”. Los diferentes elementos de fijación serán en función del terreno donde se aguanten.

-Ejemplos: superficies pintadas con tendencia a deslizamiento (talones de goma, arena o tierra, puntas metálicas), tierra irregular: grapas con soporte de goma articuladas.

### **-Herramientas portátiles**

Teniendo en cuenta la importancia y duración del uso que de estas herramientas tienen para los trabajos de instalaciones, describimos seguidamente un estudio específico extraído de la publicación “Seguridad en la construcción. Guía para la ampliación del R.D. 555/1986 de la Generalitat de Cataluña, Departamento de Trabajo”.

Hay cuatro tipos, basándose en la fuente de alimentación.

-Herramientas portátiles eléctricas.

-Herramientas portátiles neumáticas.

-Herramientas portátiles de combustión.

-Herramientas manuales propiamente llamadas.

#### Herramientas portátiles eléctricas:

De corte: Trepadoras.

De abrasión: De abrasión.

Por calentamiento: Soldaduras.

Solo comentaremos los peligros que tienen las herramientas en sí mismas, y no tendremos en cuenta los que se derivan de las superficies de trabajo, los andamios, etc., que se usan para trabajar con estas herramientas portátiles.

Análisis de los riesgos:

-Contacto eléctrico directo.

-Contacto eléctrico indirecto.

-Cortes y erosiones.

-Enganches.

-Proyección de partículas (incandescentes o no).

-Golpes o cortes por rebotes violentos de las herramientas.

-Quemaduras.

-Ambiente con polvo.

Medidas preventivas:

-Los cables eléctricos de alimentación tendrán aislamientos en un estado de conservación correcto. Si se hacen servir prolongaciones serán con conectores adecuados y nunca se empalmarán provisionalmente aunque se haga servir cinta aislante como protector.

-Las herramientas portátiles tendrán los siguientes sistemas de seguridad: doble aislamientos, toma de tierra de las masas (PTM) o utilización con transformador de seguridad o separación de circuitos.

-Se llevará ropa ajustada, no se llevará anillos o cadenas ni nada que conlleve la posibilidad de engancharse o pillarse.

-Se utilizarán estas herramientas con cuidado, especialmente las de abrasión, que tienen una velocidad de rotación muy alta. Un contacto accidental de la carcasa o del mango mientras se trabaja, un enganche ligero o una parada pueden hacer que la herramienta rebote de repente y con violencia, llegando a cortar o a erosionar la parte del cuerpo que encuentre en su trayectoria.

-No se tocarán las brocas, discos, etc. Inmediatamente después de que hayan trabajado, porque están muy calientes. El caso de los soldadores es especial, ya que se pondrán en un soporte especial una vez desconectados, para evitar quemaduras.

-Teniendo en cuenta que la emisión de polvo es puntual, cuando se trabaje se llevarán caretas.

-Al trabajar se utilizará herramientas con mucho cuidado, con las brocas y los discos bien apretados, manteniendo las trayectorias de corte bien perpendiculares a la superficie de trabajo y con un centrado correcto del punto de trabajo, etc.

#### Herramientas portátiles neumáticas:

– Que actúan por percusión: Martillo picador.

– Que actúan por impacto: Pistola clavadora, grapadora, etc.

#### Análisis de los riesgos:

– Golpes por rotura de la manguera.

– Golpes, cortes y perforación en general.

– Estrés sonoro.

– Vibraciones.

– Proyecciones de partículas.

#### Medidas preventivas:

-Revisar las mangueras de alimentación de aire, cambiar inmediatamente las que estén resquebrajadas o con fisuras, y en general todas las que hayan perdido elasticidad al doblarlas.

-Colocar válvulas de seguridad (por desahogo de presión) con la finalidad de evitar latigazos cuando se rompan las mangueras.

-No se pondrá ninguna parte del cuerpo en el mismo lado del punto de operación en general ni en la trayectoria de las pistolas clavadoras en particular.

-Se utilizarán protectores de las orejas cuando el nivel de ruido supere los 80 dB (A) tanto si es seguido como si es intermitente (por impacto).

-Se utilizarán antivibratorios cuando se trabaje con martillos picadores.

-Se utilizará calzado de seguridad con puntas metálicas para evitar golpes en los pies.

-También y como norma los trabajadores llevará gafas de seguridad y cuando haya emanaciones de polvo caretas.

-Todos los trabajos que se realicen con estas herramientas exigen el uso de guantes de cuero.

### Herramientas portátiles de combustión

Básicamente son los sopletes:

Análisis de riesgos:

- Quemaduras
- Incendios.

Medidas preventivas:

- Todos los trabajos que se realicen con estas herramientas exigen el uso de guantes de cuero.
- Controlar que el soplete esté en buen estado y correctamente fijado al depósito de combustible, ya que actualmente lo más frecuente es que sean bombonas de butano.
- Controlar que la manguera de conexión esté en buen estado.
- Regular adecuadamente la presión el quemador para que la llama no sea demasiado larga.
- No trabajar cerca de materias combustibles.
- Tener una buena ventilación en locales cerrados.
- Hacer servir gafas o pantallas de protección o guantes.

### Herramientas manuales:

Son muy variadas, tanto por su función como por su utilización.

Tipos más comunes:

- Punzantes: Escarpa.
- De percusión: Martillos
- De cortes: Sierras y cizallas
- Otras: Destornilladores, pata de cabra, etc.

Análisis de riesgos:

- Golpes, cortes, pinchazos.
- Proyección de partículas

Medidas preventivas:

- Correcto estado de conservación de las herramientas, mangueras, etc.
- Conocimiento y uso adecuado por parte de los familiares de los que las usen.
- Limpieza y conservación, tanto en el almacén como en el trabajo, manteniéndolas limpias y en buen estado de uso.
- Control periódico de su estado (comprobación y mantenimiento).
- Uso de la indumentaria para la protección personal con referencia al riesgo: gafas de seguridad, botas, protectores de las manos, etc.

### Pistola clavadora

En realidad es una herramienta portátil, pero por sus características puede ser considerada un arma de fuego, por este motivo hay que extremar las precauciones cuando se use.

Análisis de riesgos:

- Heridas punzantes por: rebotes, proyecciones o perforaciones.

Medidas preventivas:

-Hacer servir la carga adecuada según las instrucciones que el fabricante. Solo con esto quedan eliminados un importante número de perforaciones y rebotes.

-Hacer servir una campana protectora incluso con los martillos clavadores, en los que la velocidad de salida es menor que en las pistolas.

-Nunca se ha de clavar en: esquinas (habrá una distancia mínima de 10 cm.) en superficies curvadas, materiales fácilmente perforables, materiales elásticos o muy duros o muy frágiles.

Su uso comporta:

- No apuntar a nadie.
- No tenerla cargada en la mano.
- Transportarla boca abajo y descargada.
- Efectuar el disparo desde detrás de la herramienta y nunca de lado.
- Mantener la herramienta en un estado de conservación adecuado.
- Hacer servir siempre casco y gafas de seguridad.

Extintores:

Será de polvo seco polivalente, de 5 Kg. Y 10 Kg.

### **2.3- SERVICIOS DE PREVENCIÓN**

#### **Servicio técnico de seguridad y salud.**

El instalador tendrá un servicio de asesoramiento para los temas de seguridad y salud.

#### **Servicio médico**

El instalador tendrá un Servicio Médico de Empresa propio o compartido.

### **2.4- INSTALACIONES MÉDICAS**

Se revisará el botiquín mensualmente, reponiendo el material gastado.

### **3- PUESTA EN PRACTICA SEGUIMIENTO Y CONTROL**

El coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra tendrá que llevar a cabo la puesta en práctica, el seguimiento y del control de manera integrada con la dirección facultativa y siguiendo las pautas del coordinador durante el proyecto de los elementos de seguridad y salud.

De todas las tareas asignadas será necesario describir un manual estandarizado de las normas de seguridad a seguir para cada tarea en concreto, y habrá que hacer un seguimiento para verificar su cumplimiento.

Se redactarán unos panfletos a completar por el encargado o responsable de cada trabajo donde se escriba el seguimiento de cada una de las pautas de seguridad seguidas, y que tendrá que firmar el mismo responsable.

También se prevé la creación de unos cursos para concienciar y educar a los trabajadores en materia tanto de seguridad como de salud. Aquí se expondrán los métodos de trabajo y los riesgos que estos pueden ocasionar, juntamente con las medidas de seguridad que habrá que usar para evitarlos. A estos cursos o charlas tendrán que asistir todos los trabajadores de forma periódica.

También se impartirá un curso de socorrismo y primeros auxilios.

Se prevé la promoción de iniciativas y actuaciones de cualquier persona de la obra para que pueda plantear los posibles problemas o impedimentos a la aplicación de las medidas de seguridad, así como la existencia de riesgos innecesarios, circunstancias especiales y su resolución.

Es necesario remarcar por último que para llevar a cabo todas estas normas hace falta una buena organización, un control exhaustivo de todas las actividades y una descripción clara de los deberes y de cada nivel del personal, fomentando la cooperación y la instrucción de todos los agentes incluidos en la construcción, explotación y mantenimiento de las instalaciones descritas en el proyecto.

#### IV. PRESUPUESTO

##### 1. Cálculo de costes

Concepto	Precio	Unidades	Importe
<b>PANELES SOLARES</b>			
Panel fotovoltaico (euros/Wp)	0,99	100000	99.000,00 €
<b>SEGUIDORES Y/O ESTRUCTURAS</b>			
Estructuras para módulos (solo fijaciones no regulables)	32	440	14.080,00 €
<b>INVERSORES</b>			
Completamente montado, probado y funcionando	2787,41	10	27.874,10 €
<b>RED ELÉCTRICA</b>			
Cableado. Cable unipolar aislado. Conductor de cobre. (4 bobinas 500 metros)	653,17	4	2.612,68 €
Cuadro protección de línea de corriente CC y contador (Cuadro de distr. (Stringbox) con monit. ind. 15 string CG 556.07.03.STB15)	3.114,00	1	3.114,00€
Montaje y conexionado	39.600	1	39.600,00 €
<b>SEGURIDAD</b>			
Sistemas de seguridad	3.072	1	3.072,00 €
<b>TOTAL PRESUPUESTO EJECUCIÓN Y MATERIAL</b>			<b>189.352,78 €</b>
Proyecto de Ingeniería y dirección de obra	5.680,58	1	5.680,58 €
<b>BASE IMPONIBLE</b>			<b>195.033,36 €</b>
<b>IMPORTE IVA (21%)</b>			<b>40.957,00 €</b>
<b>TOTAL PRESUPUESTO INSTALACIÓN</b>			<b>235.990,37 €</b>

Variables	Datos
Coste total de la instalación (€)	<b>235.990,37</b>
Potencia nominal instalada (kWp)	<b>100</b>
Reducción temporal potencia (% anual)	<b>1</b>
Coste anual de mantenimiento	<b>1200 + 2,5% año</b>
Interés financiero (%)	<b>7,6</b>
Vida útil de la instalación (años)	<b>25</b>
Ingresos por kWh vendido (c€/kWh)	<b>48,8743 + 2,5% año</b>
Producción inicial (kWh/año)	<b>99.626</b>
Consumo (kWh/año)	<b>551.505</b>

Con respecto al consumo anual, se dispone de las facturas de todo un año para poder realizar el análisis de la viabilidad económica de la instalación.

## 2.- ANÁLISIS DE VIABILIDAD ECONÓMICA DEL USO DE LA ENERGÍA SOLAR

Para determinar qué alternativa es la más viable económicamente tenemos que analizar cuánto cuesta la instalación completa y el mantenimiento de la misma, así como lo que cuesta la energía adquirida, es decir los gastos.

Por otro lado hay que analizar los ingresos, que provienen de la venta de la energía generada.

### Cálculo de los ingresos:

La actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial se regula mediante el REAL DECRETO 661/2007, de 25 de mayo. En el Artículo 2. Ámbito de aplicación, especifica:

1. Podrán acogerse al régimen especial establecido en este real decreto las instalaciones de producción de energía eléctrica contempladas en el artículo 27.1 de la Ley 54/1997, de 27 de noviembre.

Dichas instalaciones se clasifican en las siguientes categorías, grupos y subgrupos, en función de las energías primarias utilizadas, de las tecnologías de producción empleadas y de los rendimientos energéticos obtenidos:

Categoría b): instalaciones que utilicen como energía primaria alguna de las energías renovables no consumibles, biomasa, o cualquier tipo de biocarburante, siempre y cuando su titular no realice actividades de producción en el régimen ordinario.

Esta categoría b se clasifica a su vez en ocho grupos:

Grupo b.1. Instalaciones que utilicen como energía primaria la energía solar. Dicho grupo se divide en dos subgrupos: Subgrupo b.1.1. Instalaciones que únicamente utilicen la radiación solar como energía primaria mediante la tecnología fotovoltaica.

Tarifas, primas y límites, para las instalaciones de la categoría b) del artículo 2 del Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo.

Tarifas, primas y límites de aplicación a partir del 1 de enero de 2012, para las instalaciones de la categoría b1 y b2 del artículo 2 del Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo.								
grupo	Tecnología	Subgrupo	Potencia	Plazo	Tarifa regulada c€/kWh	Prima de referencia c€/kWh	Límite Superior c€/kWh	Límite Inferior c€/kWh
b.1	Solar FV	b.1.1	P < 100 kW	primeros 30 años	48,8743			
			100 kW < P < 10 MW	primeros 30 años	46,3348			
			10 < 50 MW	primeros 30 años	25,4997			
	Solar TE	b.1.2		primeros 25 años	29,8957	28,1894	38,1751	28,1936
				a partir de entonces	23,9164	22,5515		
b.2	Eólica	b.2.1		primeros 20 años	8,127	2,0142	9,4273	7,9103
				a partir de entonces	6,7921			
		b.2.2				9,3557	18,2009	

Por lo tanto, para instalaciones con potencia inferior o igual a 100Kw se establece a partir del 1 de enero de una remuneración por producción fotovoltaica inyectada a red de 48,8743 c€/KWh producido en los primeros 30 años de funcionamiento.

Los costes de la energía obtenidos mediante consumo de la red son los siguientes:

Tarifa de acceso con potencia contratada igual a 100 kWh)	Precio (euros)	Características de la instalación	COSTE
Término de potencia (euros/kW año)	32,03994	100	3203,994
Término de energía (euros/kWh)	0,177120	99626	17645,75712
TOTAL			20849,75

Con respecto a los grupos electrógenos su rendimiento global es del 38%. Entonces, como el poder calorífico inferior de un combustible diesel es de unas 9500 kcal/kg, para una densidad de alrededor de 0,88 kg/L, resulta que con 1 L de diesel se obtiene alrededor de  $0,38 \times (9500 \times 4,186) \times 0,88 = 13300$  kJ (eléctricos). Si el consumo de diesel del grupo es de 1 L/h, entonces la energía eléctrica obtenida será de  $13300/3600 = 3,7$  kWh.

Como el consumo durante un mes es de 11.000 litros, se puede que estimar la energía generada por el grupo durante ese tiempo es de 40.700 KW

**“ESTUDIO DE VIABILIDAD Y VALORACIÓN DE LOS BENEFICIOS AMBIENTALES GENERADOS POR LA IMPLANTACIÓN DE UNA INSTALACIÓN DE PLACAS SOLARES FOTOVOLTAICAS, COMO PARTE DE UN SISTEMA HÍBRIDO EN UNA COOPERATIVA AGRÍCOLA EN EL Penedès”**

Tiempo (años)	Potencia nominal (kWp brutos)	Producción eléctrica (kWh/año)	Beneficio bruto (€/año)	Tarifa fotovoltaica establecida	Mantenimiento (euros)	Seguro	Coste de la electricidad adquirida	Beneficio neto (€/año)	Valor actual beneficio neto (€/año)	VAN de la instalación (€)
0-1	100	99626	48691,51012	0,488743	1200	1000	20849,75	25641,76012	25641,76012	-235990,37
1-2	99	98630	48204,72209	0,488743	1224	1000	21266,745	24713,97709	22968,3802	-187380,2297
2-3	98,01	98531	48156,33653	0,488743	1248,48	1000	21692,0799	24215,77663	20915,77009	-166464,4596
3-4	97,02	98433	48108,43972	0,488743	1273,45	1000	22125,9215	23709,06862	19031,70423	-147432,7554
4-5	96,05	98334	48060,05416	0,488743	1298,919	1000	22568,43993	23192,69564	17302,23249	-130130,5229
5-6	95,09	98236	48012,15735	0,488743	1324,897	1000	23019,80873	22667,45166	15715,97544	-114414,5474
6-7	94,14	98138	47964,26053	0,488743	1351,395	1000	23480,2049	22132,66073	14261,329	-100153,2184
7-8	93,07	98039	47915,87498	0,488743	1378,423	1000	23949,809	21587,64318	12927,64244	-87225,57599
8-9	92,14	97941	47867,97816	0,488743	1405,991	1000	24428,80518	21033,18173	11705,95374	-75519,62225
9-10	91,22	97843	47820,08135	0,488743	1434,111	1000	24917,38128	20468,58898	10587,11092	-64932,51133
10-11	90,31	97746	47772,67328	0,488743	1462,793	1000	25415,72891	19894,15107	9563,188101	-55369,32323
11-12	89,4	97648	47724,77646	0,488743	1492,049	1000	25924,04349	19308,68381	8626,163512	-46743,15972
12-13	88,51	97550	47676,87965	0,488743	1521,89	1000	26442,52436	18712,46514	7769,33322	-38973,8265
13-14	87,62	97453	47629,47158	0,488743	1552,328	1000	26971,37484	18105,76878	6986,464274	-31987,36222
14-15	86,75	97355	47581,57477	0,488743	1583,375	1000	27510,80234	17487,39791	6271,239595	-25716,12263
15-16	85,88	97258	47534,16669	0,488743	1615,042	1000	28061,01839	16858,1063	5618,556055	-20097,56657
16-17	85,02	97160	47486,26988	0,488743	1647,343	1000	28622,23875	16216,68828	5023,030641	-15074,53593
17-18	84,17	97063	47438,86181	0,488743	1680,29	1000	29194,68353	15563,88858	4480,324812	-10594,21112
18-19	83,33	96966	47391,45374	0,488743	1713,895	1000	29778,5772	14898,98104	3985,985216	-6608,225905
19-20	82,5	96869	47344,04567	0,488743	1748,173	1000	30374,14874	14221,72352	3536,055526	-3072,170379
20-21	81,67	96773	47297,12634	0,488743	1783,137	1000	30981,63172	13532,35774	3127,00117	54,83079116
21-22	80,85	96676	47249,71827	0,488743	1818,8	1000	31601,26435	12829,6543	2755,22618	2810,056971
22-23	80,05	96579	47202,3102	0,488743	1855,176	1000	32233,28964	12113,84495	2417,753616	5227,810587
23-24	79,25	96482	47154,90213	0,488743	1892,279	1000	32877,95543	11384,66758	2111,728657	7339,539243
24-25	78,45	96386	47107,9828	0,488743	1930,125	1000	33535,51454	10642,34356	1834,605803	9174,145046

## V. CONCLUSIONES

En la presente memoria, presupuestos, cálculos justificativos, pliego de condiciones técnicas, planos y anexos; se ha descrito la instalación de un productor de energía eléctrica en régimen especial mediante la aplicación de la Energía solar fotovoltaica por la conexión a la red de baja tensión, con el objeto de vender la electricidad generada por el sistema. Esta instalación cumplirá el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, así como las Normas Ordenanzas y medidas de Seguridad que le sean de aplicación.

Las posibilidades de integración de este sistema de tecnología en un edificio ya construido son muy variadas, hoy en día existen múltiples opciones arquitectónicas posibles, así como gran variedad de soluciones. En este proyecto se ha analizado la opción más viable que era la de integrar el sistema fotovoltaico en la cubierta que ya estaba construida y respetando la inclinación de la misma, con el fin de conseguir una integración total en el edificio.

No podemos olvidar que lo que en este trabajo hemos venido desarrollado es meramente un estudio de viabilidad de una instalación fotovoltaica, en el momento actual, lo cual implica un contexto de crisis económica brutal. La energía solar, antes apoyada por las instituciones fuertemente (ya sea por un interés protector medioambiental políticamente muy bien visto, o por un mero intento de facilitar el acceso al erario público de ciertos inversores), ahora mismo ha caído en el olvido.

Cuando más apoyo debería de recibir este sector, el de las renovables (hasta hace escasamente un año en franco crecimiento mientras el grifo de las ayudas gubernamentales continuaba abierto), ha perdido en la actualidad gran parte del apoyo necesario por parte de las instituciones, de forma que al inversor privado se le hace "poco" o nada rentable meter su dinero en este tipo de instalaciones generadoras de energía limpia.

Esta claro que los que debería valorar la reducción de sustancias contaminantes (tales como el CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>,...) son los estados, y no inversores privados que sólo se mueven en busca de beneficios económicos, nunca han dejado de hacerlo y nunca lo harán.

Si a la falta de impulso que la iniciativa pública ha dejado de prestar a las energías renovables, sumamos el contexto macroeconómico actual que ha llevado a que la inversión privada en ciertos países, entre ellos España, este retraída e impedida bajo el yugo de la ya famosa prima de riesgo. Sólo hay que ver el diferencial bancario que imposibilita el acceso a una financiación mínimamente amortizable, no sólo para el tipo de proyectos energéticos renovables como el que nos ocupa, sino cualquiera, o de cualquier tipo.

Ante esto, el resultado de nuestro estudio de viabilidad, es negativo. En el momento actual es económicamente inviable, es más, cualquier inversor se echaría a correr, o lo que es peor, a reír. En un primer planteamiento de nuestro estudio se optó por utilizar materiales de elevada calidad y mayor coste, el resultado del estudio de la viabilidad económica con esta elevada inversión inicial (aquí es cuando se echarían a correr) al final de los 25 años de vida útil de la instalación el beneficio sería negativo. Posteriormente se optó por abaratar costes, aunque ya se sabe, lo barato es caro; siendo el saldo final de la explotación mínimamente favorable (aquí es cuando se reirían), amortizándose pasado 20 años, cuando debería de hacerlo a los 7 y los 10 para ser mínimamente interesante a ojos de un inversor privado.

Bien es cierto, que si la situación económica mejorase, sin necesidad de que aumenten las ayudas gubernamentales (aunque no es descartable que bajen o desaparezcan, dependerá de la presión que ejerza el lobby de constructores de sistemas fotovoltaicos, en esta crisis todo vale), podría llegar un punto de viabilidad económica que dependería del diferencial interbancario (de la famosa prima de riesgo). Ya que si bajase bastante llegaría a ser rentable.

## VI. BIBLIOGRAFIA

- Instalaciones de Energía Solar Fotovoltaica, Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red.  
[http://www.idae.es/index.php/mod.documentos/mem.descarga?file=/documentos\\_pliego\\_condiciones\\_tecnicas\\_instalaciones\\_conectadas\\_red\\_a247f320.pdf](http://www.idae.es/index.php/mod.documentos/mem.descarga?file=/documentos_pliego_condiciones_tecnicas_instalaciones_conectadas_red_a247f320.pdf).
- Documento “el sol puede ser suyo” (buscar en el IDAE)  
[http://www.idae.es/index.php/mod.documentos/mem.descarga?file=/documentos\\_EL\\_SOL\\_PUEDE\\_SER\\_SUYO\\_-\\_FV\\_nov08\\_FINAL\\_12-01-2009\\_\(2\)\\_b6ef3ccd.pdf](http://www.idae.es/index.php/mod.documentos/mem.descarga?file=/documentos_EL_SOL_PUEDE_SER_SUYO_-_FV_nov08_FINAL_12-01-2009_(2)_b6ef3ccd.pdf).
- Publicado por Nacho. Emisiones CO<sub>2</sub> de la energía nuclear.  
<http://eco.microsiervos.com/energia/emisiones-co2-energia-nuclear.html>
- Documento “¿Cuánto contamina la central de Endesa en As Pontes?”  
<http://clasica.xornal.com/article.php?sid=20051004161351>
- El sol puede ser suyo  
[http://www.asif.org/files/FOTOVOLTAICA\\_EL\\_SOL\\_PUEDE\\_SER\\_SUYO\\_JUNIO\\_2007.pdf](http://www.asif.org/files/FOTOVOLTAICA_EL_SOL_PUEDE_SER_SUYO_JUNIO_2007.pdf)
- Ministerio de Economía y Hacienda  
<http://www.meh.es/es-ES/Paginas/Home.aspx>
- Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.  
<http://www.mityc.es/es-ES/Paginas/index.aspx>
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE)  
<http://www.idae.es/>.
- Código Técnico de la Edificación (CTE)  
<http://www.codigotecnico.org/index.php?id=29>
- Dirección General del Catastro  
<http://www.catastro.meh.es/>
- Centro de investigaciones energéticas, medioambientales y tecnológicas (CIEMAT)  
<http://www.ciemat.es/>
- Comisión Nacional de Energía  
<http://www.cne.es/cne/Home>
- Catálogo Ibersolar, soluciones de energía solar.  
<http://www.ibernsolar.com/esp/default.asp>
- Pedro Jesús López Fabero. Proyecto final de carrera “*Implicaciones no energéticas de la energía solar fotovoltaica*”. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, Sevilla. Marzo 2009.  
<http://bibpc03.us.es/BIbcgi/proyectos/proyecto.php?PHPSESSID=fc25aadac5e03a5a2d210f67a1a66f97>.
- Raquel Clemente Alfonso. Proyecto final de carrera “*Diseño de una cubierta solar fotovoltaica conectada a la red eléctrica e integrada en un edificio industrial*”.
- Iván Sabaté Arnau. Proyecto final de carrera “*Estudi tècnic i econòmic d’una instal·lació fotovoltaica per un edifici*”. Universidad Rovira i Virgili. 01/2004.
- García Marí, Eugenio. *Fonts d’Energia al medi rural*. Editorial UPV.
- Cañada Rivera, Javier. *Fuentes de energía: energías alternativas*. Editorial UPV.
- Programa informático *FV-Expert*.
- Programa informático *Autocad 2010*.
- [www.hmsistemas.es](http://www.hmsistemas.es) › Catálogo