

---

# 1. DATOS QUE INTERVIENEN. DESCRIPCIÓN.

---

Para obtener las autorizaciones administrativas necesarias previas a la puesta en marcha de una instalación fotovoltaica es necesario presentar a las autoridades competentes, una serie de documentos justificativos, en los que se describen las características de la instalación y en los que se justifica que se ha cumplido con los preceptos establecidos por la normativa vigente.

Dependiendo de la potencia de la instalación, los documentos consistirán en una memoria técnica en caso de potencia inferior o igual a 10 kW o en el proyecto de la instalación en el caso de instalaciones superiores a 10 kW.



Los proyectos y memorias técnicas son documentos en los que se recoge la información de todas las características de una obra, de modo que ésta queda completamente definida.

Además justifican el cumplimiento con la normativa vigente.

El objetivo de un proyecto es que mediante la información en él recogida sea posible dirigir la obra proyectada.

El objetivo de la memoria técnica es que cualquier profesional

cualificado pueda conocer las principales características de la instalación.

La memoria técnica es un documento más resumido y por tanto menos detallado que el proyecto, aunque en ambos figuran cálculos y planos en esta solo se

---

muestran los principales. En el proyecto se detallan todos los cálculos realizados para el dimensionado y diseño de la instalación, y se justifican las soluciones adoptadas. Además incluye todos los planos y esquemas necesarios para el desarrollo de la instalación, mientras que en la memoria solamente se incluyen aquellos que la definen.



La memoria técnica puede ser redactada y firmada por un instalador autorizado o por un técnico titulado competente, sin embargo el proyecto únicamente puede ser redactado y firmado por este último y deberá ser visado por el Colegio Oficial correspondiente.

---

## 2. NORMAS EXIGIDAS.

---

A continuación, se presenta la legislación fotovoltaica actualizada:

- **Real Decreto 1955/2000**, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica
- **Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (RD 842/2002)**, ver las Instrucciones Complementarias, ITC 40 y la Nota de Interpretación Técnica de la equivalencia de la separación Galvánica de la Conexión de Instalaciones generadoras en Baja Tensión
- **Código Técnico de la Edificación (RD 314/2006)**
- **Real Decreto 647/2011**, por el que se regula la actividad de gestor de cargas del sistema para la realización de servicios de recarga energética
- **Real Decreto 1699/2011**, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción eléctrica de pequeña potencia
- **Real Decreto 1544/2011** sobre tarifas de acceso a productores, en régimen ordinario y especial
- **Real Decreto 661/2007**, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- **Orden IET/3586/2011**, de 30 de diciembre, por la que se establecen los peajes de acceso a partir de 1 de enero de 2012 y las tarifas y primas de las instalaciones del régimen especial
- **Real Decreto-ley 1/2012**, de 27 de enero, por el que se procede a la suspensión de los procedimientos de preasignación de retribución y a la supresión de los incentivos económicos para nuevas instalaciones de

---

producción de energía eléctrica a partir de cogeneración, fuentes de energía renovables y residuos

- **Real Decreto 1718/2012**, de 28 de diciembre, por el que se determina el procedimiento para realizar la lectura y facturación de los suministros de energía en baja tensión con potencia contratada no superior a 15 kW
- **Real Decreto-ley 9/2013**, de 12 de julio, por el que se adoptan medidas urgentes para garantizar la estabilidad financiera del sistema eléctrico
- **Ley 24/2013**, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico
- **Real Decreto-ley 2/2013**, de 1 de febrero, de medidas urgentes en el sistema eléctrico y en el sector financiero
- **Orden IET/221/2013**, de 14 de febrero, por la que se establecen los peajes de acceso a partir de 1 de enero de 2013 y las tarifas y primas de las instalaciones del régimen especial
- **Orden HAP/703/2013**, de 29 de abril, por la que se aprueba el modelo 583 «Impuesto sobre el valor de la producción de la energía eléctrica. Autoliquidación y Pagos Fraccionados», y se establece la forma y procedimiento para su presentación
- **Real Decreto 1565/2010**, de 19 de noviembre, por el que se regulan y modifican determinados aspectos relativos a la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- **Ordenanzas solares, de ecoeficiencia o de integración arquitectónica municipales.**

---

### 3. REDACCIÓN DEL PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA.

---

El proyecto es el conjunto de documentos y planos donde se reflejan los cálculos necesarios de una instalación y las condiciones de ejecución y puesta en marcha de la misma. De esta forma, se deben incluir todo tipo de plano y esquema que permita y facilite el montaje de la instalación. Por último, no se debe olvidar una valoración económica detallada, denominada presupuesto.



El proyecto de la instalación solar fotovoltaica puede encontrarse integrado como anexo en el proyecto global de un edificio de nueva construcción o de una remodelación importante.

La estructura y documentación mínima que debe contener el proyecto tipo de una instalación solar fotovoltaica es:

- Índice general.
- Memoria.
- Pliego de condiciones técnicas.
- Planos.
- Estudio de seguridad y salud.
- Mediciones y presupuesto.
- Estudio de viabilidad económica.
- Manual de uso y mantenimiento de la instalación.
- Anexos.

---

A diferencia de la memoria técnica, que sólo puede ser redactada en un impreso oficial (ver figura 1), no existe ningún modelo preestablecido para realizar un proyecto. Con la finalidad de proporcionar una estructura y unos contenidos mínimos se elaboró la norma UNE 157001: 2002 “*Criterios generales para la elaboración de proyectos*”. De esta forma, no sólo se facilita su tramitación en los órganos públicos y colegios profesionales, sino también mejora la interpretación de los mismos durante la fase de ejecución.



La norma UNE 157001: 2002 denomina **documento básico** a los documentos principales que forman el proyecto, estos son: Índice general, Memoria, Anexos, Planos, Pliego de condiciones, Estado de Mediciones, Presupuesto, Estudios con entidad propia y aquéllos que determine la normativa específica en cada caso concreto.

Se denomina **documento unitario** a cada uno de los documentos que forman cada documento básico.

Con respecto a los documentos básicos, la norma UNE 157001: 2002 establece que:

- Su extensión dependerá de las necesidades de cada proyecto.
- Podrán ser elaborados por uno o varios profesionales.
- Deberán redactarse y presentarse de forma cuidadosa, limpia y ordenada.
- Los contenidos se dividirán en capítulos y apartados. Éstos se numerarán tomando como referencia la Norma UNE 50132.
- En la primera página de cada uno de estos documentos deberá constar la siguiente información:
  - Número del volumen (no todos los proyectos se estructuran en volúmenes).
  - Título del proyecto.
  - Tipo de documento (“Índice General”, “Memoria”,....)
  - Peticionario que ha encargado la redacción del proyecto.
  - Identificación y datos profesionales de cada uno de los autores del proyecto.
  - Persona jurídica que ha recibido el encargo de la elaboración (si procede).
- Asimismo, todas las páginas de los documentos y de los planos indicarán:

- 
- ❑ El número de página o de plano.
  - ❑ El título del proyecto o número del código de identificación del proyecto.
  - ❑ El título del documento al que pertenece (Memoria, Pliego de condiciones, etc.).
  - ❑ El número o el código de identificación del documento.
  - ❑ El número de edición y, en su caso, la fecha de aprobación.



Es importante tener en cuenta que:

- El proyecto deberá ser visado por el Colegio técnico competente. Una vez que éste verifique que no presenta defectos de forma y contiene toda la información requerida, podrá comenzar la fase de ejecución.
- Al finalizar la ejecución de la instalación, el proyecto deberá presentarse ante la Dirección provincial de la Consejería de Industria de la Comunidad Autónoma donde se ubique la misma con la finalidad de legalizarla y solicitar la autorización de la puesta en servicio.

---

## 4. MEMORIA DESCRIPTIVA.

---

En esta sección se desarrollarán los apartados más significativos de la memoria descriptiva de un proyecto solar fotovoltaico.

### 4.1. DEFINICIÓN.

La memoria o memoria descriptiva es el documento que tiene como finalidad justificar las soluciones propuestas a las demandas planteadas por el cliente y que constituyen el objeto del proyecto.

La norma UNE 157001: 2002 recomienda que se divida en los siguientes capítulos:

- Capítulo 0: Hojas de identificación:
  - Primera Hoja de Identificación. Recogerá:
    - El título del proyecto.
    - El código identificador
    - Las coordenadas UTM (si procede).
    - La razón social, datos personales y contacto del cliente
    - La razón social, identificación personal y profesional del autor/es (número de colegiado, DNI, empresa para la que trabaja, etc.).
    - La primera Hoja de identificación deberá ser firmada obligatoriamente por el técnico responsable.
  - Hoja índice de la memoria: contendrá la relación epigráfica y numérica de cada uno de los documentos que componen la memoria.
- Capítulo 1: Objeto del proyecto.



- 
- Capítulo 2: Ámbito de aplicación del proyecto
  - Capítulo 3: Antecedentes. Contiene la información necesaria para la comprensión de las propuestas realizadas.
  - Capítulo 4: Normas y referencias. Se incluye la normativa, la bibliográfica, los programas de cálculo y el plan de gestión de calidad utilizados en la redacción del proyecto.
  - Capítulo 5: Definiciones y abreviaturas.
  - Capítulo 6: Requisitos de diseño.
  - Capítulo 7: Análisis de soluciones. Fundamenta las distintas alternativas planteadas, diferenciando las ventajas e inconvenientes de cada una de ellas.
  - Capítulo 8: Resultados finales. De las diferentes soluciones propuestas, recoge la que ha sido finalmente elegida, con acompañamiento de planos y material afín.
  - Capítulo 9: Planificación. Cronograma de la realización del proyecto.
  - Capítulo 10: Orden de prioridad entre los documentos básicos. Este capítulo establecerá la organización de los documentos en el proyecto. Si no se concretase se procederá a la siguiente ordenación: planos, pliegos de condiciones, presupuesto y memoria.



Hay que tener en cuenta que no siempre es necesario que una memoria reúna todos estos capítulos, dependerá del tipo de proyecto y la normativa aplicable en cada caso. Por ejemplo, en el caso práctico desarrollado en esta unidad didáctica la memoria es redactada ajustándose a los requerimientos básicos de una instalación fotovoltaica solar.

### 4.1.1. FLUJOGRAMAS Y CRONOGRAMAS

Dentro del proyecto debe considerarse la planificación y programación de las distintas actividades y fases que comprenden el montaje y puesta en marcha de la instalación fotovoltaica. El documento que la recoja se incluirá en la memoria.

La planificación especifica la secuencia del conjunto de operaciones que deben desarrollarse en el ámbito del proyecto. El método más utilizado para este fin es el denominado PERT (Program Evaluation and Review Techniques). El PERT es un método que asigna a cada actividad tres posibles duraciones con un porcen-

---

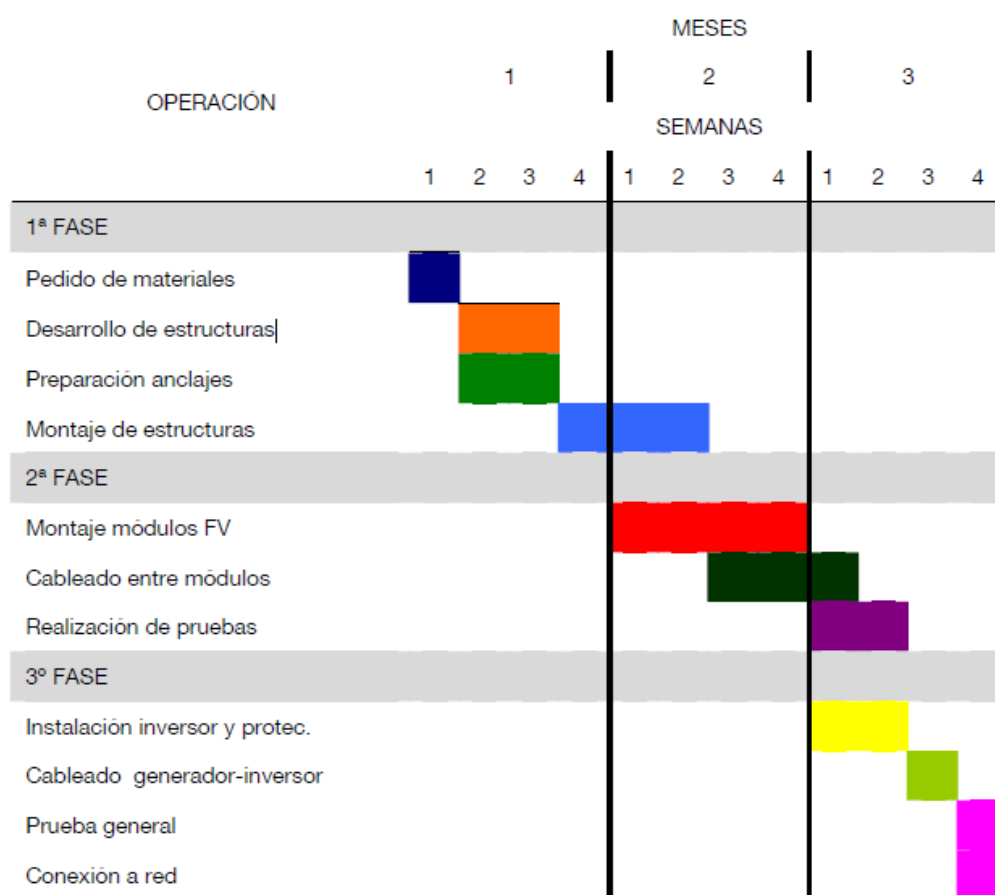
taje de probabilidad asociado a cada uno de ellas. Mediante el uso de matrices y grafos es posible optimizar el tiempo de conclusión del proyecto.

Por otra parte, en la mayoría de los proyectos podemos encontrar el denominado diagrama GANTT, que permite elaborar un calendario secuencial del montaje.

Las principales operaciones o fases que podemos encontrar en un proyecto de energía fotovoltaica son:

- Acopio de material.
- Replanteo y obra civil.
- Montaje de la estructura de los módulos.
- Montaje de los equipos (reguladores, baterías, inversores..).
- Cableado de los módulos y montaje de la instalación eléctrica y de control.
- Puesta en marcha.
- Legalización de la instalación.

Estas fases pueden realizarse una detrás de otra o pueden coincidir total o parcialmente, por lo que una correcta secuenciación evita desfases y tiempos muertos por imposibilidad de trabajos simultáneos o aparición de cuellos de botella.



**Figura 1.** Ejemplo de diagrama GANTT para una instalación solar fotovoltaica conectada a red.








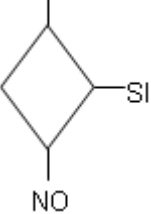

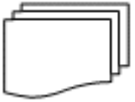




No confundas la memoria de un proyecto con la memoria técnica.

El flujograma o diagrama de flujo es una representación gráfica por medio de símbolos que muestra la secuencia ordenada del proceso a seguir para alcanzar un objetivo final.

La utilización de símbolos evita la necesidad de textos explicativos, consiguiendo así un esquema conciso, ordenado y rápido de interpretar. Los flujogramas son de gran ayuda a la hora de planificar la redacción de documentos pues permiten obtener una visión clara y lógica de los procesos realizados.

Los principales símbolos utilizados en un flujograma se recogen en la siguiente tabla:

SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	Terminal. Indica el inicio o fin del proceso
	Operación o tarea
	Proceso.
	Operación y verificación simultáneamente
	Archivar o almacenar
	“Y” . Permite continuar el flujo una vez se han cumplido todas las acciones entrantes.
	“O” . Permite continuar el flujo cuando se ha cumplido alguna de las acciones entrantes.
	Toma de decisión.
	Documento creado o transformado en el proceso
	Varios documentos
	Indicador de dirección del flujo
	Conectores. En flujogramas de varias páginas indican la continuación y correspondencia de las líneas.



Representa los siguientes símbolos utilizados en la confección de un flujo-grama de procesos.

SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	Operación y verificación simultáneamente
	Archivar o almacenar
	“Y” . Permite continuar el flujo una vez se han cumplido todas las acciones entrantes.
	“O” . Permite continuar el flujo cuando se ha cumplido alguna de las acciones entrantes.
	Toma de decisión.

## 4.2. ANTECEDENTES.

En este apartado de la memoria se identificará a la persona física o jurídica que ha encargado la realización del proyecto solar y la ubicación de la instalación.

## 4.3. OBJETO.

En esta sección se proporcionará una descripción somera del tipo de servicios y demanda que cubrirá la instalación proyectada.

## 4.4. NORMATIVA Y REGLAMENTACIÓN.

Se especificará todos los reglamentos, ordenanzas municipales, normas UNE y secciones del Código Técnico de la Edificación que afectan al ámbito de aplicación de la instalación proyectada.

## 4.5. BASES DE DISEÑO.

En este apartado se reflejarán las hipótesis correspondientes al perfil de uso de la instalación y, por supuesto, la estimación de los ratios de ocupación y demanda diarios, mensuales y anuales que se esperan que presente el edificio.

---

## 4.6. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN PROYECTADA.

Para proporcionar una información general de la instalación se aportará información de los siguientes aspectos:

- Esquema de principio al que se corresponde la instalación solar fotovoltaica.
- Características del modelo de módulo fotovoltaico seleccionado con su correspondiente curva de rendimiento y superficie útil de captación.
- Descripción de los acumuladores y baterías.
- Descripción el principio de funcionamiento de la instalación, tanto en condiciones nominales operativas como en las situaciones excepcionales.
- Etc.

## 4.7. PRUEBAS DE LA INSTALACIÓN.

Siguiendo el Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red publicado por el IDAE se recomienda que entre la documentación que acompañe al proyecto o memoria técnica de la instalación figure un conjunto de documentos que garantice la correcta puesta en marcha y garantía de funcionamiento de la instalación.

Una vez montada la instalación fotovoltaica, el instalador debe entregar al usuario un albarán en el que conste un inventario de componentes y materiales instalados. Entre la documentación entregada se encontrará los certificados de calidad y las fichas técnicas de los principales elementos (módulos, inversores y contadores).

También se deberá proporcionar un manual de uso donde se recojan los parámetros de funcionamiento y las operaciones de mantenimiento necesarias. Las dos partes firmarán el documento por duplicado conservando cada una de ellas un ejemplar.

En la puesta en marcha el instalador deberá realizar, como mínimo, las siguientes verificaciones:

- 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.

- 
- Determinación de la potencia instalada.

Una vez realizada satisfactoriamente la puesta en marcha se recepcionará la instalación por parte del titular de forma provisional. Se recomienda que la firma del acta de recepción no se realice hasta haber comprobado el correcto funcionamiento de la instalación hasta un mínimo de 240 horas seguidas sin paradas causadas por fallos o errores.

El conjunto de los componentes de la instalación deben estar garantizados durante un período mínimo de tres años excepto para los paneles solares cuya garantía mínima debe ascender a ocho años.

En caso de interrumpirse la producción eléctrica por responsabilidad del instalador o de los suministradores de material la garantía de los componentes se prolongará por la duración total de dichas interrupciones.

## 4.8. INSTRUCCIONES.

Las instrucciones que se incluyan en un proyecto fotovoltaico deben estar dirigidas tanto a los instaladores como a los usuarios.

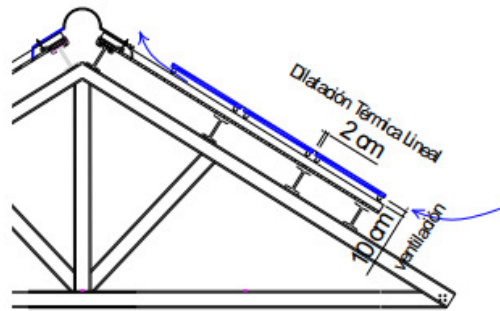
### Instrucciones de montaje.

---

Puesto que las instalaciones fotovoltaicas son sistemas permanentemente energizados durante las horas diurnas, es importante que antes de cualquier operación de instalación o manipulación de los equipos se proceda a leer y comprender todas las instrucciones de montaje y ajuste de los mismos.

Asimismo, muchos equipos y dispositivos deben ubicarse en unas condiciones que garanticen una adecuada ventilación y que los circuitos electrónicos no sufran desperfectos. Por ello, los fabricantes deben proporcionar los manuales de sus productos donde se refleje:

- Identificación del producto.
- Medidas de seguridad y precauciones durante el montaje.
- Desembalaje.
- Instalación mecánica y recomendaciones de fijación.



**Figura 2.** Ejemplo de montaje de la estructura de un módulo fotovoltaico para garantizar la ventilación y reducir las tensiones mecánicas por dilatación.

#### ■ Instalación eléctrica y conexiones.



Las recomendaciones e instrucciones de montaje de los fabricantes se incluirán en la documentación técnica del proyecto o memoria técnica.

#### Instrucciones de uso.

El artículo 19 del REBT prescribe el derecho de los usuarios de las instalaciones de baja tensión a disponer de información sobre el uso y mantenimiento de la misma y que será entregada tras realizar el certificado de la instalación fotovoltaica:

*“Como anexo al certificado de instalación que se entregue al titular de cualquier instalación eléctrica, la empresa instaladora deberá confeccionar unas instrucciones para el correcto uso y mantenimiento de la misma. **Dichas instrucciones incluirán, en cualquier caso, como mínimo, un esquema unifilar de la instalación con las características técnicas fundamentales de los equipos y materiales eléctricos instalados, así como un croquis de su trazado.***

*Cualquier modificación o ampliación requerirá la elaboración de un complemento a lo anterior, en la medida que sea necesario.”*

A la hora de elaborar estas instrucciones se tendrá en cuenta el grado de conocimiento de los usuarios sobre seguridad eléctrica.

A continuación se muestra un ejemplo de instrucciones de uso.



## PANEL



## BATERIA



**Después de tocar la batería, limpiar manos!**



[http://www.energiasinfronteras.org/attachments/278\\_Manuales%20usuarios%200instalaciones%20solares%20FV-2009.pdf](http://www.energiasinfronteras.org/attachments/278_Manuales%20usuarios%200instalaciones%20solares%20FV-2009.pdf)

## REGULADOR



**NO desconectar del sistema!**  
**NO mojar con ningún líquido!**



**NO sacar el regulador ni hacer otras conexiones!**

## ADAPTADOR DE VOLTAJE



**NO utilizar con otros aparatos!**  
**NO echar líquidos!**



Use la radio solo con el voltaje correcto.

Equivalencias	
pilas	voltios
2	3
3	4.5
4	6
5	7.5
6	9

Nunca use otros aparatos con el sistema.

## CARGAS



**Enciende la luz o otros aparatos solo cuando se necesita!**



**No tocar vidrio de lámparas (solo el plástico)**

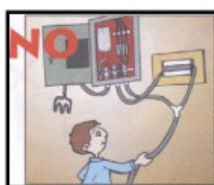
- Peligro de Cortocircuito:



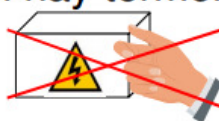
- No mojar aparatos eléctricos!



- No jalar cables!



- No tocar sistema FV si hay tormenta y rayos!



**Figura 3.** Ejemplo de instrucciones de uso de una instalación fotovoltaica destinada a usuarios sin conocimientos específicos de electricidad.

[http://www.energiasinfronteras.org/attachments/278\\_Manuales%20usuarios%20instalaciones%20solares%20FV-2009.pdf](http://www.energiasinfronteras.org/attachments/278_Manuales%20usuarios%20instalaciones%20solares%20FV-2009.pdf)

---

## PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

---

El mantenimiento preventivo es un conjunto de operaciones ordenadas secuencialmente que garantizan el correcto funcionamiento de la instalación y el alargamiento de la vida útil de la misma mediante actuaciones programadas en los diversos componentes que pueden consistir desde la revisión de parámetros de funcionamiento hasta la sustitución de piezas fungibles.

Con la puesta en marcha de la instalación se deberá firmar un contrato de mantenimiento de una duración mínima de tres años.

El conjunto de operaciones denominado Plan de Mantenimiento debe de ser realizado por técnicos competentes familiarizados con la tecnología solar fotovoltaica y las instalaciones eléctricas de baja tensión.

Según la sección HE 5 del Código Técnico de la Edificación, el mantenimiento preventivo de la instalación incluirá, al menos, *“una revisión semestral en la que se realizarán las siguientes actividades:*

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

Las operaciones de mantenimiento deben quedar reflejadas en un documento propio de la instalación denominado Libro de Mantenimiento. La reparación de las averías inesperadas (el llamado mantenimiento correctivo) también debe reflejarse en el Libro de Mantenimiento.

Por otro lado, ***Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red*** establece por el mantenimiento preventivo de la instalación incluirá, al menos, una visita (anual para el caso de instalaciones de potencia de hasta 100 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.

---

## 5. MEMORIA JUSTIFICATIVA.

---

La memoria justificativa es el documento del proyecto donde se reflejan los resultados analíticos que validan la selección de los componentes comerciales de la instalación.

### 5.1. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS DE LA INSTALACIÓN.

En el proyecto de una instalación solar fotovoltaica deben reflejarse los resultados obtenidos mediante un método de cálculo reconocido o bien mediante un software específico. Los resultados obtenidos figurarán como anexo específico o bien se insertarán en el apartado correspondiente de la memoria, que en este caso recibirá la denominación de memoria justificativa, puesto que con ellos se fundamentará la selección comercial de los diferentes componentes de la instalación solar fotovoltaica y del número necesario de cada uno de ellos.

Entre los principales elementos, cuya selección debe estar justificada, se encuentran:

- Número y modelo comercial de módulos fotovoltaicos.
- Inversor.
- Acumuladores.
- Reguladores.



---

En la memoria justificativa deberán reflejarse los datos de partida necesarios para el diseño de la instalación, tales como la temperatura de acumulación, radiación mensual solar, temperatura del agua de red, inclinación de la estructura de los paneles, etc.



Normalmente, en proyectos de instalaciones solar fotovoltaica no se incluyen los cálculos de resistencia de la estructura soporte de los módulos fotovoltaicos, puesto que se recurre a soluciones comerciales homologadas por fabricante.

En la Memoria se incluirán las producciones mensuales máximas teóricas en función de la irradiancia, la potencia instalada y el rendimiento de la instalación.

---

## 6. PLANOS.

---

En el proyecto de una instalación solar fotovoltaica se incluyen los siguientes planos:

### 6.1. PLANO DE SITUACIÓN.

En estos planos se señala la ubicación del edificio donde se realizará la instalación indicando las vías de acceso al mismo. Es recomendable, especialmente en instalaciones que necesitan de una orientación específica como las solares que el plano disponga de una señalización del norte geográfico.

### 6.2. PLANOS DE EDIFICACIÓN Y OBRA CIVIL (PLANOS DE PLANTA — ALZADO Y SECCIONES)

Los planos de obra civil reflejan la ejecución y los detalles de la red de suministro de agua, acometidas eléctricas subterráneas, viales y accesos al edificio y redes de saneamiento.

En los planos de edificación es habitual encontrar los detalles de la cimentación y estructura (zapatas, pilares, forjaos), sección de corte de las fachadas, plano de planta de la distribución de la vivienda y planos donde figura el recorrido de las tuberías, tanto de la instalación de suministro de agua como de saneamiento.



Los planos de edificación y obra civil siempre irán escalados.

### 6.3. PLANOS DE INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS (PLANOS MECÁNICOS Y ELÉCTRICOS).

Entre los diferentes planos de detalle de la instalación fotovoltaica que deberían incluirse en el proyecto están:

- Plano de montaje de las estructuras con los detalles del sistema de sujeción de los paneles. Estos planos se suelen representar en perspectiva.
- Plano del trazado de los conductores eléctricos.
- Ubicación a escala de los acumuladores, regulador, inversores,... Estos planos se proporcionan, en muchas ocasiones, en perspectiva isométrica o caballera.
- Esquemas eléctricos de la instalación.
- Detalle del cuadro de protección con su correspondiente cuadro eléctrico.



En instalaciones fotovoltaicas interconectadas se muestran en muchas ocasiones los planos de los trazados de las líneas de conexión con la red pública, centros de transformación e infraestructura común de telecomunicaciones.



## 6.4. FORMATOS NORMALIZADOS DE PLANOS

La forma de realizar un plano de ejecución debe ajustarse a unas determinadas reglas. A continuación se muestran los principales aspectos que están sujetos a normalización.

### 6.4.1. DIMENSIONES DEL PLANO

En la siguiente figura se muestran las dimensiones y designación de los principales formatos para planos.

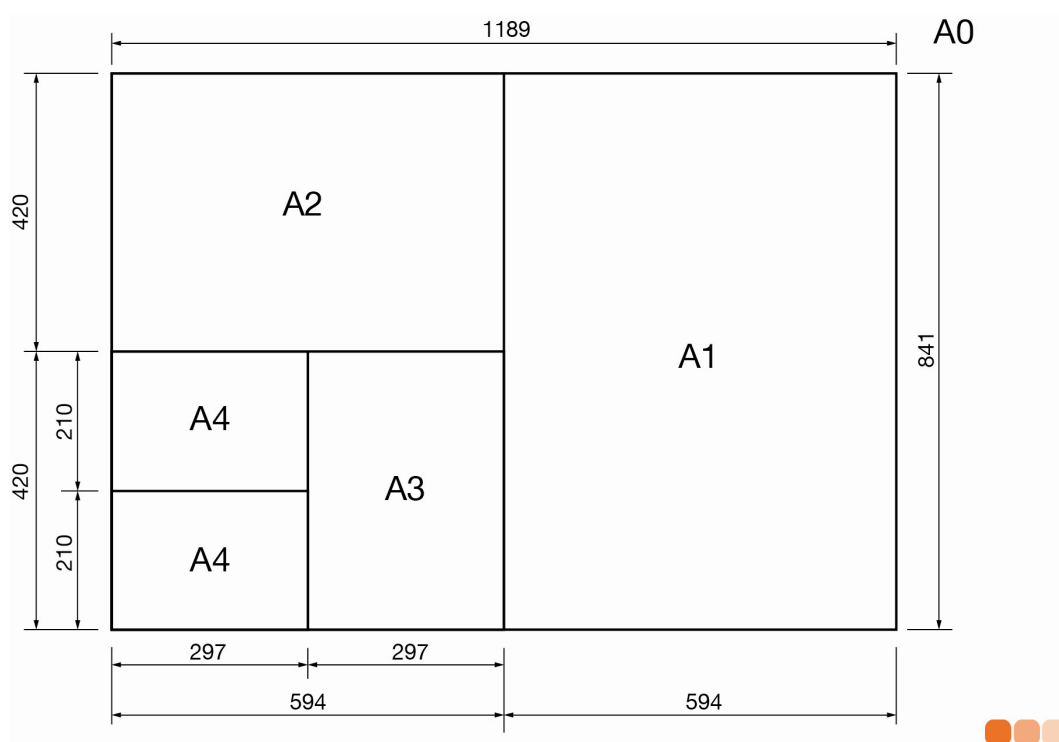
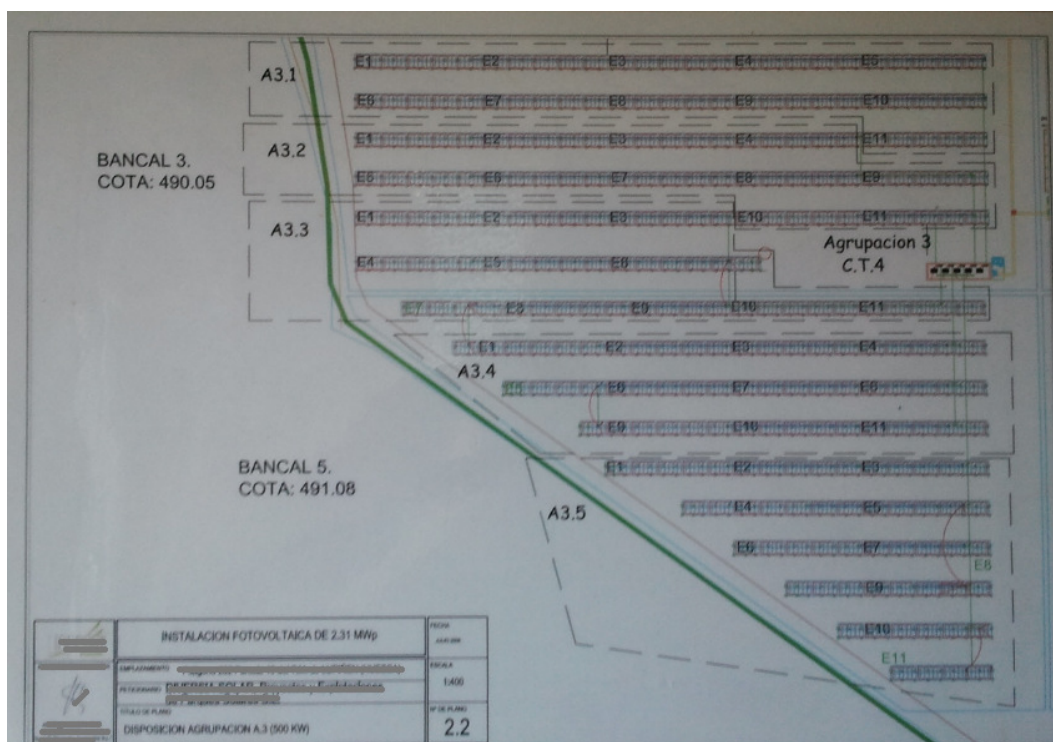


Figura 4. Designación y relación entre los tamaños normalizados de planos

Designación	Dimensiones (mm)
A0	841 X 1189
A1	594 X 841
A2	420 X 594
A3	297 X 420
A4	210 X 297

Figura 5. Dimensiones normalizadas de tamaños de representación. Los más utilizados en proyectos y memorias de instalaciones solares son el A3 y el A4



**Figura 6.** Plano de una instalación fotovoltaica conectada a red. Foto propia.

## 6.4.2. CAJETÍN




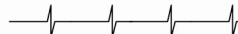
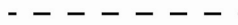



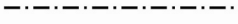
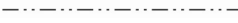
El cajetín del dibujo designa datos relativos al proyecto, entre ellos, deben figurar al menos los siguientes:

- Número de identificación del plano.
- Fecha de edición del plano y de cada posible versión posterior.
- Título del plano.
- Nombre del técnico que realiza y aprueba el plano.
- Escala.
- Formato, indicando el tamaño.
- Empresa y departamento.

El contenido de los cajetines se regula de forma más precisa según la norma UNE EN ISO 7200.

### 6.4.3. TIPO DE LÍNEA

En la siguiente tabla figuran los tipos de línea y designación normalizados según UNE 1032:1982 “Dibujos técnicos. Principios generales de representación.”

Línea		Designación	Aplicaciones generales
<b>A</b>		Línea gruesa	A1 Contornos vistos. A2 Aristas vistas.
<b>B</b>		Línea fina (recta o curva)	B1 Líneas ficticias vistas. B2 Líneas de cota. B3 Líneas de proyección. B4 Líneas de referencia. B5 Rayados B6 Contornos de secciones abatidas sobre las superficies del dibujo. B7 Ejes cortos.
<b>C</b>		Línea fina a mano alzada	C1, D1 Límites de vistas o cortes parciales, o interrumpidos, si estos límites no son líneas finas a trazos y puntos.
<b>D</b>		Línea fina (recta) con zig-zag	
<b>E</b>		Gruesa de trazos	E1 Contornos ocultos. E2 Aristas ocultas.
<b>F</b>		Fina de trazos	F1 Contornos ocultos. F2 Aristas ocultas.
<b>G</b>		Fina de trazo y punto	G1 Ejes de revolución. G2 Trazas de plano de simetría. G3 Trayectorias.
<b>H</b>		Fina de trazo y punto, gruesa en los extremos y en los cambios de dirección	H1 Trazas de plano de corte.
<b>J</b>		Gruesa de trazo y punto	J1 Indicación de líneas o superficies que son objeto de especificaciones particulares.
<b>K</b>		Fina de trazo y dos puntos	K1 Contornos de piezas adyacentes. K2 Posiciones intermedias y extremos de piezas móviles. K3 Líneas de centros de gravedad. K4 Contornos iniciales antes de conformado. K5 Partes situadas delante de un plano de corte.

---

Los grosores normalizados más utilizados son 0.18, 0.35, 0.5 y 0.7 (todos en mm).



¿Cuál sería el formato de plano más apropiado para representar la planta de un parque fotovoltaico de grandes dimensiones?

Solución:

Para poder abarcar una planta fotovoltaica de varias hectáreas a una escala razonables sería aconsejable utilizar un formato A0 o A1.



¿Cuál sería el formato de plano más apropiado para representar el detalle de montaje de una sala de baterías?

Solución:

Para que el instalador pudiera desenvolverse con unos planos que proporcionaran una escala y acotado aceptable y que a la vez fueran manejables sería recomendable utilizar un formato A3 o A4.

---

## 7. PLIEGOS DE CONDICIONES.

---

El Pliego de Condiciones es el documento o conjunto de documentos que especifican los requisitos técnicos, de montaje y económicos que deben respetarse durante las diferentes fases de ejecución de la instalación. Los Pliegos tienen carácter contractual y su incumplimiento injustificado puede conllevar consecuencias legales y reclamaciones por parte tanto del titular de la instalación como de los diferentes actores que intervienen durante el proceso.

### 7.1. DEFINICIÓN.

El Pliego de condiciones es el documento donde se considera tanto los aspectos técnicos como económicos de la ejecución y puesta en marcha del montaje.

#### 7.1.1. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS

Recoge los requisitos mínimos que deben cumplir los materiales de la obra cuando se reciben, así como las condiciones técnicas durante el montaje que garanticen el cumplimiento de la normativa vigente.

##### 7.1.1.1. Normativa de aplicación

En proyectos de instalaciones solares fotovoltaicas se deben de respetar al menos las prescripciones contenidas en las siguientes normas:

- Real Decreto 842/2002, *por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico de Baja tensión.*

- Pliego de condiciones técnicas para instalaciones fotovoltaicas aisladas del IDAE.
- Pliego de condiciones técnicas para instalaciones fotovoltaicas conectadas a red del IDAE.

Además, deberán consultarse las posibles particularidades que pudieran exigirse en las ordenanzas medioambientales o solares del municipio donde se ubique la instalación.

### 7.1.1.2. Replanteo de instalaciones solares fotovoltaicas

El pliego debería hacer referencia a las características del montaje de la estructura soporte, así como a la ubicación del acopio de módulos, material y herramienta con objeto de poder distribuir previamente el espacio disponible en la obra.

Asimismo, el trazado de los circuitos eléctricos debe respetar unas distancias mínimas con respecto a elementos estructurales u otro tipo de conducciones, según quede reflejado en la normativa aplicable.

Esto obliga a fijar en el pliego de condiciones técnicas una serie de instrucciones con las indicaciones que deben respetarse en el trazado de rozas y/o distancias entre las sujeciones de tubos y bandejas como abrazaderas. Estas indicaciones permitirán a la Dirección de obra o al instalador señalar los recorridos de los circuitos eléctricos.



En las operaciones de replanteo, se aplica la teoría a la práctica, lo que conlleva frecuentemente la aparición de desviaciones o errores respecto a lo establecido en el proyecto. Según de la envergadura de estas desviaciones podrán ser solventadas directamente por los técnicos o tendrán que ser notificadas al proyectista para que lleve a cabo las modificaciones pertinentes. En caso de que las incidencias sean resueltas por los técnicos estas deberán ser siempre puestas en conocimiento del proyectista.

El replanteo de la instalación deberá respetar las prescripciones establecidas en los principales reglamentos y normas UNE aunque no sea de obligado cumplimiento. Por ejemplo, para realizar el montaje de los acumuladores OPzs de ácido-plomo se tendrá en cuenta lo prescrito en el artículo 7 de la **ITC-BT-30 INSTALACIONES EN LOCALES DE CARACTERÍSTICAS ESPECIALES** del REBT:

---

## **“7. INSTALACIONES EN LOCALES EN QUE EXISTAN BATERÍAS DE ACUMULADORES.**

*Los locales en que deban disponerse baterías de acumuladores con posibilidad de desprendimiento de gases, se considerarán como locales o emplazamientos con riesgo de corrosión debiendo cumplir, además de las prescripciones señaladas para estos locales, las siguientes:*

- *El equipo eléctrico utilizado estará protegido contra los efectos de vapores y gases desprendidos por el electrolito.*
- *Los locales deberán estar provistos de una ventilación natural o forzada que garantice una renovación perfecta y rápida del aire. Los vapores evacuados no deben penetrar en locales contiguos.*
- *La iluminación artificial se realizará únicamente mediante lámparas eléctricas de incandescencia o de descarga.*
- *Las luminarias serán de material apropiado para soportar el ambiente corrosivo y evitar la penetración de gases en su interior.*
- *Los acumuladores que no aseguren por sí mismos y permanentemente un aislamiento suficiente entre partes en tensión y tierra, deberán ser instalados con un aislamiento suplementario. Este aislamiento no podrá ser afectado por la humedad.*
- *Los acumuladores estarán dispuestos de manera que pueda realizarse fácilmente la sustitución y el mantenimiento de cada elemento. Los pasillos de servicio tendrán una anchura mínima de 0,75 metros.*
- *Si la tensión de servicio en corriente continua es superior a 75 voltios con relación a tierra y existen partes desnudas bajo tensión que puedan tocarse inadvertidamente, el suelo de los pasillos de servicio será eléctricamente aislante.*
- *Las piezas desnudas bajo tensión, cuando entre éstas existan tensiones superiores a 75 voltios en corriente continua, deberán instalarse de manera que sea imposible tocarlas simultánea e inadvertidamente.”*

### **7.1.2. PLIEGO DE CONDICIONES ECONÓMICAS**

En este documento recoge los aspectos económicos de orden contractual que se establecen entre el peticionario del proyecto y el autor del mismo.

---

## 8. PRESUPUESTOS.

---

Aunque la norma UNE 157001: 2002 diferencia entre el Estado de mediciones y el Presupuesto, en la mayoría de los proyectos se presentan integrados en un solo documento.

El documento Estado de Mediciones o Mediciones es el resultado de la selección comercial de los dispositivos y elementos necesarios para el funcionamiento de la instalación y consecución de las prestaciones según los cálculos realizados. Asimismo, contiene las longitudes estimadas de perfiles de estructuras y conductores eléctricos. Para ello, es precisa la medición de las trayectorias y los circuitos derivados de los esquemas de principio, para lo que se utilizarán los planos a escala o la visita al emplazamiento.

### 8.1. PRECIOS UNITARIOS.

Todos los elementos seleccionados, desde dispositivos hasta conexiones deberán cumplir con los requisitos del pliego de condiciones técnicas. Una vez establecidas las mediciones, esto es, tipo y cantidad de los materiales necesarios para el montaje de la instalación, se procede a elaborar el presupuesto que es el documento que determina el coste económico del proyecto. La mayoría de los documentos informáticos y de los catálogos de bases de precios para obras de construcción ofrecen las mediciones y presupuestos en formato:

- **Precio unitario:** se ofrece el precio por un solo concepto genérico.
- **Precio descompuesto:** se describe y especifica más detalladamente la cantidad y precio asociados a la partida presupuestada. Se incluye tanto la mano de obra, como los materiales y los costes indirectos asociados.



---

## 8.2. PRESUPUESTOS PARCIALES.

La realización del presupuesto dependerá del criterio del proyectista, pero para instalaciones solares fotovoltaicas es frecuente encontrar por ejemplo el contenido de esta distribución de las mediciones presupuestadas:

- **Capítulo I:** Campo generador. En este capítulo se presupuestará:
  - Tipo y número de módulos fotovoltaicos seleccionados.
  - Estructuras soporte de los mismos.
- **Capítulo II:** Acumuladores.
  - Tipo y número de vasos seleccionados y accesorios.
  - Estructuras soporte de los mismos.
- **Capítulo III:** Sistema de control.
  - Tipo y número de reguladores de carga/inversores-cargadores.
  - Sistema de monitorización del sistema.
  - Inversores en instalaciones aisladas.
- **Capítulo IV:** Cableado y montaje eléctrico.
  - Conductores y tubos o bandejas y su montaje con mano de obra incluida.
- **Capítulo V:** Protecciones.
  - Cuadros de protección junto con seccionadores, borneros, bases portafusibles, varistores,....
- **Capítulo VI:** Toma de tierras.
  - Número de picas o placas galvanizadas.
  - Conductores de cobre desnudo,
- **Capítulo VII:** Sistema de conexión a red.
  - Tipo y número de inversores.
  - Dispositivos de seccionamiento y desconexión automática.
  - Contadores.
- **Capítulo VIII:** Centro de Transformación en sistema de conexión a red si procede..
- **Capítulo IX:** Legalización de la instalación y trámites administrativos.
  - Se incluirá el certificado de la instalación, inspecciones, redacción proyecto/memoria,...

---

### 8.3. PRESUPUESTO TOTAL.

El resultado de la suma de todos los presupuestos parciales por capítulos o partidas constituirá el presupuesto total del proyecto.

El presupuesto de ejecución material debe reflejarse de forma escrita especificando si dispone o no del IVA.

### 8.4. UTILIZACIÓN DE SOFTWARE INFORMÁTICO PARA LA ELABORACIÓN DE PRESUPUESTOS.

Estos softwares permiten seleccionar los elementos comerciales necesarios para la instalación con todas sus características desde una base de precios actualizada y, en muchas ocasiones, la generación de un diagrama Gantt con la secuencia de fases del montaje. Entre los programas más utilizados se pueden destacar PRESTO, ARQUIMEDES y PREOC.

Las bases de precios engloban los productos de los principales fabricantes y ahorran tiempo teniendo que consultar producto por producto de forma independiente. Asimismo, en los presupuestos, la descripción del elemento suele acompañarse de una coetilla o equivalente. Esto permite sustituir la marca o modelo presupuestado por otro que presente características similares sin perjuicio de alterar el funcionamiento de la instalación y bajo el visto bueno del promotor o dirección facultativa.

### 8.5. FACTORES ECONÓMICOS Y FINANCIEROS.

Cualquier estudio de implantación de una instalación de energía solar precisa un análisis pormenorizado de los costes económicos y de las condiciones técnicas que lleva asociado.

Debido a la envergadura que suelen representar muchas de las instalaciones solares, es preciso recurrir a una financiación externa del proyecto.



Entre los conceptos económicos que ayudarán a la toma de la decisión sobre la idoneidad de la ejecución o no de la instalación se considerarán fundamentalmente:

- **La Tasa de Interés de Retorno (TIR)** es otro de los parámetros utilizados habitualmente para proporcionar al cliente información sobre la rentabilidad de la inver-

---

sión. Es un parámetro económico que compara el rendimiento que proporcionaría el capital invertido a plazo fijo en un depósito bancario. Se suele calcular para un tiempo de 20 a 25 años.

- El **Valor Actual Neto (VAN)** permite actualizar el valor de caja de un determinado número de los flujos económicos futuros de la inversión. Si el valor del VAN es superior a 0 se garantiza la rentabilidad y el proyecto puede aceptarse. Si el VAN es inferior, la inversión no será rentable. Por último, si el VAN es nulo, no generará ni pérdidas ni ganancias.

El análisis económico de una instalación fotovoltaica dependerá de si se trata de si es aislada o conectada a red.

- **Instalaciones fotovoltaicas conectadas a red:** hasta enero de 2012 las instalaciones fotovoltaicas conectadas a red inscritas en el régimen de producción especial de electricidad disponían de una prima por la energía inyectada a la red. El precio de esta prima varía en función de la fecha en la que hubieran sido autorizadas por la Administración, distinguiéndose tres etapas significativas:
  - Real Decreto 436/2004, de 12 de marzo, por el que se establece la metodología para la actualización y sistematización del régimen jurídico y económico de la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial. (Vigente hasta el 1 de junio de 2007)
  - Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
  - Real Decreto 1578/2008, de 26 de septiembre, de retribución de la actividad de producción de energía eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica.
  - Real Decreto-ley 1/2012, de 27 de enero, por el que se procede a la suspensión de los procedimientos de preasignación de retribución y a la supresión de los incentivos económicos para nuevas instalaciones de producción de energía eléctrica a partir de cogeneración, fuentes de energía renovables y residuos

A partir del Real Decreto-ley 1/2012 el precio de la electricidad suministrada por una instalación fotovoltaica conectada a red en régimen especial es el mismo que el establecido para la venta de electricidad en régimen ordinario.

---

En el estudio de viabilidad de la instalación se tendrán en cuenta los siguientes aspectos económicos:

- **Coste inicial del proyecto:** esta partida comprende, entre otros, los siguientes conceptos:
  - Redacción del proyecto y tramitación administrativa.
  - Materiales y mano de obra.
  - Compra o alquiler del terreno o cubierta.
  - Otros conceptos que debieran considerarse.
- **Gastos financieros:** muchas entidades bancarias han estado ofreciendo créditos blandos para la realización de instalaciones conectadas a red. La cuantía máxima ascendía al 80% del coste de ejecución material sin IVA. El aval solía ser la propia instalación. El plazo de amortización del crédito oscilaba entre 8 y 10 años a un interés similar al del crédito hipotecario. El pago anual era prorrateado sobre el crédito total más los intereses, esto es, a cuota fija.
- **Mantenimiento:** el contrato de mantenimiento debe realizarse para garantizar el correcto funcionamiento y la supervisión de la instalación. Un valor orientativo para el coste anual, al menos para grandes instalaciones, suele ascender al 1% del coste total de la inversión.
- **Seguros:** las instalaciones suelen contar con un seguro impuesto por la entidad financiera. Es recomendable que el seguro proteja contra actos vandálicos, robos y adversidades climatológicas (granizo,...). Algunos seguros ofrecen cobertura para abonar la producción en caso de parada de la instalación. No obstante, habría que estudiar con detenimiento esta opción, puesto que, en muchas ocasiones, no compensa.
- **Ingresos.** Esta partida se corresponde con el pago realizado con la empresa suministradora al propietario de la instalación por la energía vertida a red. Los ingresos dependerán de la prima pagada por kWh, que dependerá de la fecha en la que la instalación fue inscrita en el Registro de régimen especial de producción de electricidad.
- **Cash-flow.** Este concepto representa la liquidez obtenida por la inversión, básicamente es la diferencia entre los ingresos anuales y el resto de costes asociados a la instalación.
- **Cash-flow acumulado.** Este valor representa la cantidad del coste inicial amortizada por la instalación. Inicialmente su valor es negativo y se corresponde con el coste inicial que el propietario ha tenido que desembolsar. En caso de solicitar un crédito este valor suele representar en torno al 20% del coste del proyecto, puesto que el otro 80% es aportado por alguna entidad financiera. El año en el que el cash-flow adquiere un valor positivo, se puede consi-

derar que la inversión ha sido amortizada, es decir, el período de retorno de la inversión.

En la siguiente tabla se muestra un ejemplo de estudio de viabilidad de una instalación fotovoltaica conectada a red de 5 kW con el régimen retributivo del Real Decreto 661/2007.

AÑO	FACTURACIÓN	COSTES DEL PROYECTO	CUOTA CRÉDITO ANUAL	SEGURO	CASH-FLOW	CASH FLOW ACUMULADO
0		9.684,00 €				-9.684,00 €
1	3.890,00 €	472,50 €	2.582,40 €	300,00 €	535,10 €	-9.148,90 €
2	4.084,50 €	496,13 €	2.582,40 €	315,00 €	690,98 €	-8.457,93 €
3	4.288,73 €	520,93 €	2.582,40 €	330,75 €	854,64 €	-7.603,28 €
4	4.503,16 €	546,98 €	2.582,40 €	347,29 €	1.026,50 €	-6.576,79 €
5	4.728,32 €	574,33 €	2.582,40 €	364,65 €	1.206,94 €	-5.369,84 €
6	4.964,74 €	603,04 €	2.582,40 €	382,88 €	1.396,41 €	-3.973,44 €
7	5.212,97 €	633,20 €	2.582,40 €	402,03 €	1.595,35 €	-2.378,09 €
8	5.473,62 €	664,85 €	2.582,40 €	422,13 €	1.804,24 €	-573,85 €
9	5.747,30 €	698,10 €	2.582,40 €	443,24 €	2.023,57 €	1.449,71 €
10	6.034,67 €	733,00 €	2.582,40 €	465,40 €	2.253,87 €	3.703,58 €
11	6.336,40 €	769,65 €	2.582,40 €	488,67 €	2.495,68 €	6.199,26 €
12	6.653,22 €	808,14 €		513,10 €	5.331,98 €	11.531,24 €
13	6.985,88 €	848,54 €		538,76 €	5.598,58 €	17.129,82 €
14	7.335,18 €	890,97 €		565,69 €	5.878,51 €	23.008,34 €
15	7.701,93 €	935,52 €		593,98 €	6.172,44 €	29.180,77 €
16	8.087,03 €	982,29 €		623,68 €	6.481,06 €	35.661,83 €
17	8.491,38 €	1.031,41 €		654,86 €	6.805,11 €	42.466,94 €
18	8.915,95 €	1.082,98 €		687,61 €	7.145,37 €	49.612,31 €
19	9.361,75 €	1.137,13 €		721,99 €	7.502,64 €	57.114,94 €
20	9.829,84 €	1.193,98 €		758,09 €	7.877,77 €	64.992,71 €

El período de retorno de la inversión se establece en nueve años. El coste inicial representa un 20% del total, puesto que se ha solicitado un crédito a diez años a un interés equivalente al EURIBOR + 0,85.

- Instalaciones fotovoltaicas aisladas de red. El planteamiento de la amortización económica de estas instalaciones difiere considerablemente de las conectadas a red. El motivo, normalmente, es la demanda de suministro eléctrico en ubicaciones alejadas de la red de suministro eléctrico, o bien para servicios importantes como repetidores de televisión, telecomunicaciones o sistemas de telecontrol de riego.

En todo caso, podría realizarse un análisis comparando el coste asociado a la ejecución de la red de transporte necesaria para llegar al suministro público.

## 8.6. VIABILIDAD TÉCNICA. PUNTO DE CONEXIÓN EN INSTALACIONES FOTOVOLTAICA.

Uno de los procesos más importantes para determinar la viabilidad económica y técnica de una instalación fotovoltaica conectada a red es la solicitud del punto

---

de conexión. Este trámite lo debe realizar el titular de la instalación a la empresa suministradora como requisito previo a inicio de la solicitud de autorización de instalación al órgano competente y de la inscripción previa en el Registro Administrativo de Instaladores de Producción Eléctrica. Si la compañía suministradora denegará el punto de conexión y proporcionase como alternativa otro más alejado habría que replantear el período de amortización de la instalación que podría subir considerablemente y anular la rentabilidad de la inversión.



**Figura 7.** Poste de conexión de una planta fotovoltaica de 4 MW a una línea de media tensión.  
Los cables de color rojo provienen de los centros de transformación del parque.



**Figura 8.** Los conductores de media tensión deben disponer de una protección mecánica hasta una altura de 2,5 metros.



---

## 9. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

---

En el caso de proyectos de instalaciones solares fotovoltaicas, el Real Decreto 1627/1997, *por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción*, prescribe como requisito obligatorio para que el proyecto sea visado en el Colegio profesional competente, la elaboración de uno de los siguientes documentos: el estudio de seguridad y salud o el estudio básico de seguridad y salud.

Ambos documentos identifican los riesgos laborales presentes en la ejecución de la instalación junto con las medidas preventivas, tanto colectivas como individuales, que deberán ser adoptadas para proteger la seguridad y salud de los trabajadores.

El estudio de seguridad y salud se elaborará cuando en la obra realizada concurre alguna de las siguientes circunstancias:

- a) Que el presupuesto de ejecución por contrata incluido en el proyecto sea igual o superior a 450.760 euros.*
- b) Que la duración estimada sea superior a 30 días laborables, empleándose en algún momento a más de 20 trabajadores simultáneamente.*
- c) Que el volumen de mano de obra estimada, entendiendo por tal la suma de los días de trabajo del total de los trabajadores en la obra, sea superior a 500.*

Si no se dan ninguna de estas circunstancias, el promotor deberá encargar la elaboración del estudio básico de seguridad y salud.



A partir del estudio de seguridad y salud realizado en el proyecto, se realizará el Plan de seguridad y salud, que será el documento de referencia en materia de prevención de riesgos laborales durante el montaje de la instalación solar.





Busca el Real Decreto 1627/1997, *por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción* y define los siguientes conceptos:

- Coordinador de seguridad y salud del proyecto.
- Plan de seguridad y salud.

---

## 10. ANEXOS

---

El apartado 7 de la norma UNE 157001 establece que en el documento Anexos, se incluirá la información necesaria para “*desarrollar, justificar o aclarar apartados específicos de la memoria u otros documentos básicos del proyecto*”.

En los anexos del proyecto de una instalación solar fotovoltaica se deben adjuntar, al menos, los siguientes documentos:

- Los catálogos comerciales de los dispositivos utilizados en la instalación solar: módulos fotovoltaicos, acumuladores y baterías, inversores, reguladores,...
- Certificados de ensayo y homologación de los módulos fotovoltaicos realizados por un laboratorio autorizado que verifiquen el cumplimiento de la norma.
- Cualquier otra ficha técnica que pueda obtenerse de los elementos presupuestados.
- **Cálculos justificativos.** En este apartado se deben incluir todos los cálculos relacionados con el dimensionado de la instalación solar.



Generalmente, en la mayoría de proyectos de instalaciones solares fotovoltaica, los cálculos justificativos se pueden encontrar como un apartado dentro de la memoria o memoria descriptiva y no como un anexo independiente.

---

## 11. CASO PRÁCTICO DE UN PROYECTO DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA CONECTADA A RED

---

En este apartado se va a mostrar un ejemplo de proyecto de una instalación fotovoltaica conectada a red para un edificio de viviendas. Se mostrará la memoria descriptiva y la estructura del presupuesto aunque en el índice se reflejan todos los anexos que se recomiendan que figuren en el proyecto.



A continuación se desarrollará un proyecto tipo correspondiente a una pequeña instalación fotovoltaica conectada a red de 5,3 kWp integrada en la cubierta de un edificio de viviendas ubicado en Zaragoza.

Se propone desarrollar:

- Memoria descriptiva.
- Presupuesto.

La memoria descriptiva de un proyecto tipo de fotovoltaica debería de contener, de forma orientativa, los siguientes apartados y anexos:

- 1. ANTECEDENTES Y OBJETO.**
- 2. NORMATIVA APLICADA.**
- 3. DATOS GEOGRÁFICOS Y CLIMATOLÓGICOS.**
- 4. DATOS GENERALES DE LA INSTALACIÓN.**

- 
- 4.1. DESCRIPCIÓN.
  - 4.2. CAMPO SOLAR.
  - 4.3. ADAPTACIÓN DE LA ENERGÍA.
  - 4.4. ESPECIFICACIONES DE LOS COMPONENTES.
    - 4.4.1. MÓDULOS FOTOVOLTAICOS.
    - 4.4.2. INVERSOR.
  - 4.5. CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS.
  - 4.6. SECCIÓN DE LOS CONDUCTORES.
  - 4.7. PROTECCIONES ELÉCTRICAS.

## 5. CÁLCULOS DE PRODUCCIÓN. EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA INSTALACIÓN.

- ANEXO I. PRESUPUESTO.
- ANEXO II. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS.
- ANEXO III. ANEXO FOTOGRÁFICO.
- ANEXO IV. CROQUIS DE LA INSTALACIÓN.
- ANEXO V. ESQUEMA UNIFILAR.

## 11.1. MEMORIA DESCRIPTIVA.

### 1. ANTECEDENTES Y OBJETO

---

A petición de la comunidad de propietarios del edificio situado en Avenida.....nº 13 de Zaragoza se procede a realizar el presente proyecto con objeto de instalar una central fotovoltaica conectada a red en la cubierta plana del citado edificio.

Se determinarán las producciones esperadas tanto energéticas como económicas, así como otras variables de interés, definiendo en su totalidad las características técnicas de la instalación.

En el presente estudio no se contemplan las actuaciones administrativas ni los trámites de solicitud de punto de consumo ante la empresa suministradora, en este caso E.R.Z.S.A.

---

El presupuesto proporcionado se considera fiable pero orientativo a fecha de junio de 2007, estando sujeta su reelaboración a la decisión final del cliente y a las condiciones del suministrador.

## 2. NORMATIVA APLICADA.

---

Para la redacción del presente proyecto se tendrán en cuenta las siguientes normas y reglamentos:

1. Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico.
2. Real Decreto 2818/1998, de 23 de diciembre, sobre producción de energía eléctrica por recursos o fuentes de energías renovables, residuos y cogeneración.
3. Real Decreto 842/2002, de xx de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.
4. Real Decreto 1663/2000, de 29 de septiembre, sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión.
5. 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.
6. Resolución de 31 de mayo de 2001 por la que se establecen modelo de contrato tipo y modelo de factura para las instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.
7. Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
8. Para el caso de integración en edificios se tendrá en cuenta las Normas Básicas de la Edificación (NBE).
9. Código Técnico de la Edificación, Seguridad Estructural, Bases de Cálculo y Acciones en la Edificación (RD 314/2006 de 17 de marzo)

## 3. DATOS GEOGRÁFICOS Y CLIMATOLÓGICOS.

---

La instalación se montará en:

- Localidad: **Zaragoza.**
- Provincia: **Zaragoza.**
- Latitud: **42 °**
- Dirección: **Avenida Navarra,.. CP50001**

---

Datos de temperaturas, radiación e irradiancia sobre superficie horizontal obtenidos de la base de datos publicada por IDAE.

Mes	Días	Tamb °C	H(MJ/día)	I(W/m <sup>2</sup> )
Enero	31	8	6,3	206
Febrero	28	10	9,8	286
Marzo	31	13	15,2	441
Abril	30	16	18,3	502
Mayo	31	19	21,8	598
Junio	30	23	24,2	665
Julio	31	26	25,1	689
Agosto	31	26	23,4	644
Septiembre	30	23	18,3	531
Octubre	31	17	12,1	352
Noviembre	30	12	7,4	243
Diciembre	31	9	5,7	198

**Figura 9.** Datos meteorológicos en término municipal de Zaragoza.

## 4. DATOS GENERALES DE LA INSTALACIÓN.

---

### 4.1. DESCRIPCIÓN.

La instalación proyectada tiene una potencia pico del campo fotovoltaico de 5280 Wp obtenida por 24 módulos de 220 Wp de potencia nominal, ocupando una superficie de módulos de 43.2 m<sup>2</sup>, y situándose sobre la cubierta plana del edificio, sobre una estructura tipo caballete de acero galvanizado.

La orientación geográfica de la solera es sur, sin obstáculos interpuestos por lo que no procede evaluar el impacto de sombras.

La toma de tierras de la instalación se puede realizar en la porción de huerta situada junto al muro norte.

---

## 4.2. CAMPO SOLAR.

Esta instalación irá configurada en un solo campo solar conectado a un inversor monofásico.

La conexión de estos campos solares se realizara formando dos grupos en paralelo de doce módulos en serie para conseguir un rendimiento óptimo entre el campo fotovoltaico y el inversor. De esta manera la tensión de trabajo a potencia máxima será de 446.4 Vcc a TONC de 45°C.

## 4.3. ADAPTACIÓN DE LA ENERGÍA.

Para este sistema se instalará un inversor con una potencia nominal unitaria de 5000 W con lo que la instalación tendrá una potencia nominal de 5 kW. Por tanto, la conexión se realizará a un punto de suministro monofásico.

## 4.4. ESPECIFICACIONES DE LOS COMPONENTES.

En las siguientes tablas se especifican los parámetros principales de los componentes seleccionados.

### 4.4.1. MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

Para el presente proyecto se seleccionan veinticuatro módulos ATERSA A222P de 222Wp. A continuación se muestran las características y parámetros medidos en las siguientes condiciones: Temperatura de célula 25°C, radiación 1000 W/m<sup>2</sup>, espectro AM 1.5

Marca	ATERSA
Modelo	A222P
Longitud	1645 mm
Anchura	990 mm
Espesor	50 mm
Peso	20 kg
Potencia máxima (+/-2%)	222 W
Corriente punto máxima potencia	7.44 A
Tensión punto máxima potencia	29.84 V
Corriente cortocircuito Icc	7.96 A
Tensión circuito abierto Voc	37.20 V

---

Número células	60
TONC	47+/-2 °C

#### 4.4.2. INVERSOR.

Se selecciona un inversor monofásico ATERSA CICLO 6000 de 5 kW de potencia nominal. Los parámetros operativos son:

Marca	ATERSA
Modelo	CICLO 6000
Gama de tensión MPP	250-550 V
Máxima tensión de entrada (a 1000 W/m <sup>2</sup> ; -10°C)	550 V <sub>cc</sub>
Potencia PV de la instalación	2500-6000 W
Potencia nominal	4600-5000 W
Rendimiento máximo	96 %
Tensión de alimentación / frecuencia	230 V / 50 Hz
Tamaño (l x b x h)	406 x 450 x 216 mm
Peso	18 Kg
Refrigeración	Ventilación natural
Gama de temperatura ambiente	-20°C - +65° C

#### 4.5. CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS.

El campo generador estará configura por un array de dos strings en paralelo de doce módulos en serie cada uno.

- Las características eléctricas de la instalación son, del lado de continua:
  - Tensión de circuito abierto, Voc: **446.4 V**
  - Corriente de cortocircuito, Isc: **15.92 A**



- Tensión de máxima potencia,  $V_{mp}$ : **358 V**
- Corriente de máxima potencia,  $I_{mp}$ : **14.88 A**
- Y del lado de alterna:
  - Tensión de funcionamiento: **230 V**
  - Máxima Intensidad por fase: **22 A**

Otros datos del campo solar, sobre los que se han evaluado los cálculos de producción son:

- Inclinação sobre la horizontal,  $\alpha$ :  $30^\circ$
- Desviación con respecto al sur,  $\gamma$ :  $0^\circ$

#### 4.6. SECCIÓN DE LOS CONDUCTORES.

Todo el cableado de la instalación se realizara con cable de cobre, con una protección 0.6/1kV norma UNE 21123.

Se dimensionará la sección de conductores utilizando la siguiente expresión:

$$S = (2 \cdot L \cdot I) / (56 \cdot \Delta V)$$

Siendo:

- L: Distancia entre elementos en m. Se estima una distancia de siete metros hasta el inversor.
- i: intensidad de corriente en A
- $\Delta V$ : Diferencia de tensión entre elementos en V.

A continuación se expone en un cuadro las características de las líneas eléctricas tanto para el lado de corriente continua como alterna.

Conductores del lado de continua		
Longitud campo solar-inversor	7	m
Máxima caída de tensión permitida	1.50	%
Sección mínima de conductores	0.65	mm <sup>2</sup>
Sección comercial instalada	4	mm <sup>2</sup>
Caída de tensión máxima real	0.24	%

<b>Resistencia</b>	0.03125	$\Omega$
<b>Tipo de conductor</b>	Multipolar empotrado	
<b>Máxima intensidad admisible según tabla 1 ITC 19 del REBT.</b>	24	A

<b>Conductores del lado de alterna</b>		
Longitud inversor –módulo medida	10	m
<b>Máxima caída de tensión permitida</b>	2	%
<b>Sección mínima de conductores</b>	0.733	mm <sup>2</sup>
<b>Sección comercial instalada</b>	6	mm <sup>2</sup>
<b>Caída de tensión máxima real</b>	0.56	%
<b>Resistencia</b>	0.029	$\Omega$
<b>Tipo de conductor</b>	Multipolar empotrado	
<b>Máxima intensidad admisible según tabla 1 ITC 19 del REBT.</b>	32	A

#### 4.7. PROTECCIONES ELÉCTRICAS.

Para evitar las sobreintensidades en el circuito de continua, cada grupo de módulos en serie dispondrá de un fusible de 20 A colocado en la línea del polo positivo y un seccionador para proteger las líneas de continua.

En el lado de alterna se han de disponer protecciones eléctricas contra sobreintensidades y corrientes de defecto. Por ello se dispondrá de un interruptor automático en el inversor de 25 A. La protección diferencial viene incluida en el propio inversor.

Según la normativa hay que proteger las líneas de la compañía contra un eventual funcionamiento de la instalación en modo isla. Esta protección viene incorporada al inversor así como contra polaridad inversa, sobretensiones a la entrada y salida, cortocircuitos y sobrecargas en la salida y fallo de aislamiento.

Debido a la tensión de funcionamiento de la instalación, se conectará a tierra tanto los módulos como las partes metálicas. La línea de tierra será totalmente independiente de cualquier otra tierra del edificio.

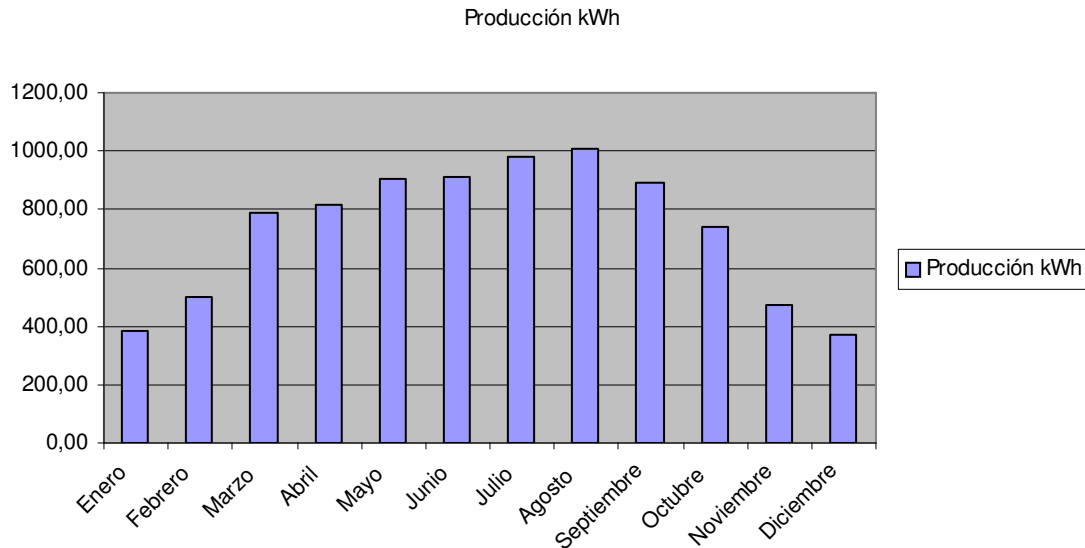
## 5. CÁLCULOS DE PRODUCCIÓN. EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA INSTALACIÓN.

El método de cálculo utilizado es el reflejado en el PCT-C Rev. Octubre 2002 publicado por IDAE.

Los datos de radiación están tomados de la base de datos del Pliego de Condiciones Técnicas del IDAE.

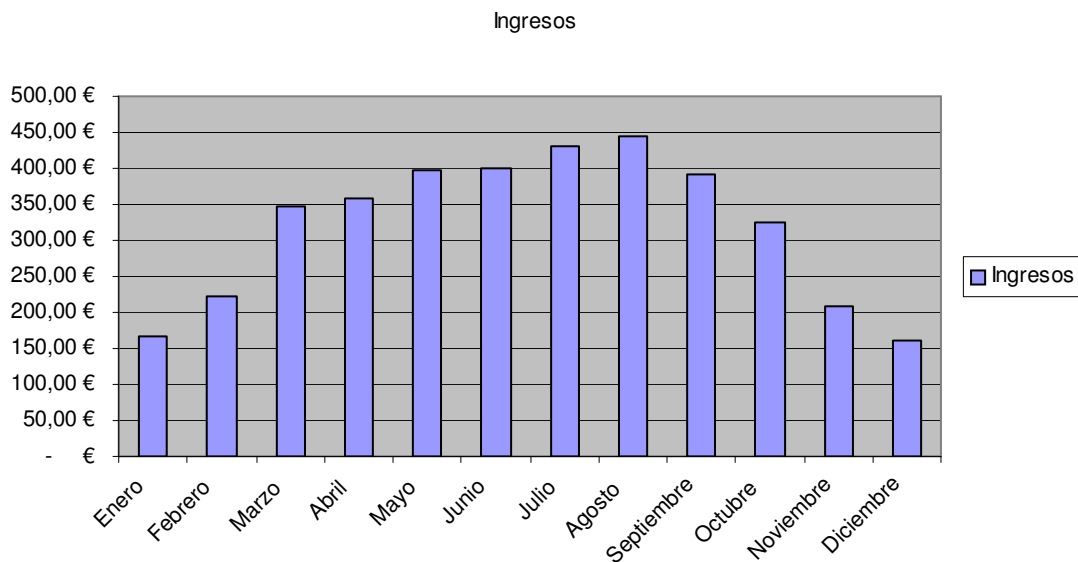
Mes	Días	Tamb	HSP	kWh(diaria)	kWh(mensual)	Ingresos
Enero	31	8	2,43	12,15	376,65	165,73€
Febrero	28	10	3,54	17,7	495,6	218,06€
Marzo	31	13	5,02	25,1	778,1	342,36€
Abril	30	16	5,49	27,45	823,5	362,34€
Mayo	31	19	6,06	30,3	939,3	413,29€
Junio	30	23	6,52	32,6	978	430,32€
Julio	31	26	6,97	34,85	1080,35	475,35€
Agosto	31	26	7,09	35,45	1098,95	483,54€
Septiembre	30	23	6,25	31,25	937,5	412,50€
Octubre	31	17	4,71	23,55	730,05	321,22€
Noviembre	30	12	3,1	15,5	465	204,60€
Diciembre	31	9	2,34	11,7	362,7	159,59€
				Anual	9065,70	3988,91€

La producción energética anual esperada es de 9065,7 kWh que se puede desglosar mensualmente según el siguiente gráfico:



Esta producción energética supone unos ingresos anuales medios estimados de 3988 € (RD 661/2007) y una reducción de emisiones contaminantes a la atmósfera de 4382 kg de CO<sub>2</sub>.

En la siguiente gráfica se reflejan los ingresos mensuales esperados por la instalación:



Producción energética anual esperada	9065	kWh
Precio de la energía kWh	0.076588	€
Prima por kWh solar	0.440381	€/kWh
Producción económica	3988	€/año
Reducción emisiones CO <sub>2</sub>	4382	Kg CO <sub>2</sub>

Esta memoria consta de once páginas numeradas y de cinco anexos.

## 11.2. ANEXO I: PRESUPUESTO

A continuación se muestra los principales capítulos y partidas en los que se desglosa el proyecto:

### Capítulo 1: Módulos y soportes

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO 01 Módulos y soportes</b>									
E01	u Ud. de módulo fotovoltaico Atersa modelo A-222 de 222Wp								
	Ud. de módulo fotovoltaico Atersa modelo A-222 de 222Wp, 60 células de silicio policristalino de 6", Imp=7.44 A, Vmp=29.84 V, 1645x990x50mm, 20 kg con conectores multicontacto, totalmente cableado.								
	Presupuestos anteriores					24,00			
							24,00	984,50	23.628,00
E02	u ud. de estructura tipo caballete con inclinación de 30°.								
	ud. de estructura tipo caballete con inclinación de 30° sobre la horizontal para montaje de 2 filas de módulos fotovoltaicos E222P compuesta por carrilería de acero galvanizado, con soporte para inversor y bandeja de canalización eléctrica fijado sobre bancada de hormigón totalmente instalada.								
	Presupuestos anteriores					6,00			
							6,00	181,83	1.090,98
<b>TOTAL CAPÍTULO 01 Módulos y soportes .....</b>									<b>24.718,98</b>

## Capítulo 2: Inversor

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO 02 Inversor</b>									
E04	<b>u Ud. de inversor para conexión a red marca ATERSA Ciclo 6000.</b> Inversor marca ATERSA Modelo CICLO 6000, gama de tensión MPP 250-550 V, máxima tensión de entrada (a 1000 W/m <sup>2</sup> -10°C) 550 Vcc, potencia PV de la instalación 2500-6000 W, potencia nominal 4600-5000 W, rendimiento máximo 96 %, tensión de alimentación / frecuencia 230 V / 50 Hz, Tamaño ( l x b x h ) 406 x 450 x 216 mm, peso 18 Kg Presupuestos anteriores					1,00			
							1,00	4.224,00	4.224,00
	<b>TOTAL CAPÍTULO 02 Inversor.....</b>								<b>4.224,00</b>

## Capítulo 3: Cuadros de protección

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO 03 Cuadros de protección</b>									
E05	<b>Ud. de cuadro de protecciones de lado de continua</b> Ud. de cuadro de protecciones de lado de continua compuesto por caja estanca IDE CD-9 para magnetotérmicos con 2 bases portafusibles con fusibles de 20A y seccionador del campo fotovoltaico totalmente instalado Presupuestos anteriores					1,00			
							1,00	126,50	126,50
E06	<b>Cuadro de protección y maniobra de la instalación</b> Cuadro de protección y maniobra de la instalación, compuesto por caja estanca IDE CD-13 para magnetotérmicos y diferenciales con interruptor automático bipolares de 25A . Presupuestos anteriores					1,00			
							1,00	209,00	209,00
	<b>TOTAL CAPÍTULO 03 Cuadros de protección.....</b>								<b>335,50</b>

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO 04 Conductores</b>									
E07	m conductor de cobre 1x6mm2 con aislamiento tipo RV 0.6/1kV								
	Presupuestos anteriores					24,00			
							24,00	6,82	163,68
E08	m conductor de cobre 4x10mm2 para instalación trifásica con neutro								
	Presupuestos anteriores					50,00			
							50,00	13,20	660,00
E09	m conductor de cobre 1x16mm2 con aislamiento tipo RV 0.6/1kV								
	Presupuestos anteriores					15,00			
							15,00	9,13	136,95
<b>TOTAL CAPÍTULO 04 Conductores .....</b>									<b>960,63</b>

## Capítulo 4: Conductores

## Capítulo 5: Toma de tierras.

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO 05 Toma de tierras</b>									
E10	u pica de cobre 2m, 100 micras, con accesorios para p.a.t.								
	U.d. de pica de cobre 2m, 100 micras, con accesorios para puesta a tierra de instalación solar foto-voltaica totalmente instalada								
	Presupuestos anteriores					1,00			
							1,00	28,60	28,60
<b>TOTAL CAPÍTULO 05 Toma de tierras.....</b>									<b>28,60</b>
<b>TOTAL .....</b>									<b>30.267,71</b>





