

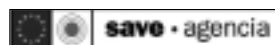
Energía Solar Fotovoltaica en la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia 2001



Región de Murcia
Consejo de Gobierno,
Industria y Comercio,
Diseño, Honor y Solidaridad,
Energía y Agua.



Fundación Agencia Regional de
Gestión de la Energía de Murcia



Prólogo

Ninguna parte de este libro puede ser reproducida, grabada en sistema de almacenamiento o transmitida en forma alguna ni por cualquier procedimiento, ya sea eléctrico, mecánico, reprográfico, magnético o cualquier otro, sin autorización previa y por escrito de ASIF.

©Asociación de la Industria Fotovoltaica. ASIF

Depósito Legal: ??????

ISBN: 84-?????????

Diseño y preimpresión:
Esteban Figueiras Asociados, S.L.

Imprime: Gráficas Monedero, S.L.



Este libro ha sido dirigido y redactado por Ignacio Rosales, Presidente de ASIF. Con la colaboración D. Joaquín Abadía Sánchez, de la Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia. D. Francisco Mínguez Escolano, de la Fundación Agencia Regional de Gestión de la Energía de Murcia, y GEANAT S.L.

... ***L**a presente publicación editada por la Asociación de la Industria Fotovoltaica (ASIF) por encargo de la Fundación Agencia Regional de Gestión de la Energía de la Región de Murcia, tiene por objeto informar a las empresas y al público en general de las posibilidades que la energía solar fotovoltaica ofrece.*

En este documento se presentan las aplicaciones de esta tecnología y una aproximación tanto a los costes de la electricidad generada como a la rentabilidad económica de las instalaciones.

Aunque la producción de electricidad mediante paneles solares es especialmente interesante en aquellos puntos de consumo aislados en los que resulta costoso instalar una línea eléctrica, son también interesantes las instalaciones solares eléctricas conectadas a la red, en las que el propietario vierte toda la electricidad generada a red eléctrica.

La finalidad de la legislación vigente, así como la de los planes y programas que fomentan la implantación de tecnologías de generación eléctrica a partir de fuentes renovables, es reducir nuestra tasa de dependencia energética del exterior, mejorar

la eficiencia y disminuir la aportación al consumo de las fuentes energéticas vinculadas a los combustibles fósiles, habiéndose fijado como objetivo que en el año 2010 el 12% de la energía primaria consumida en España sea de origen renovable.

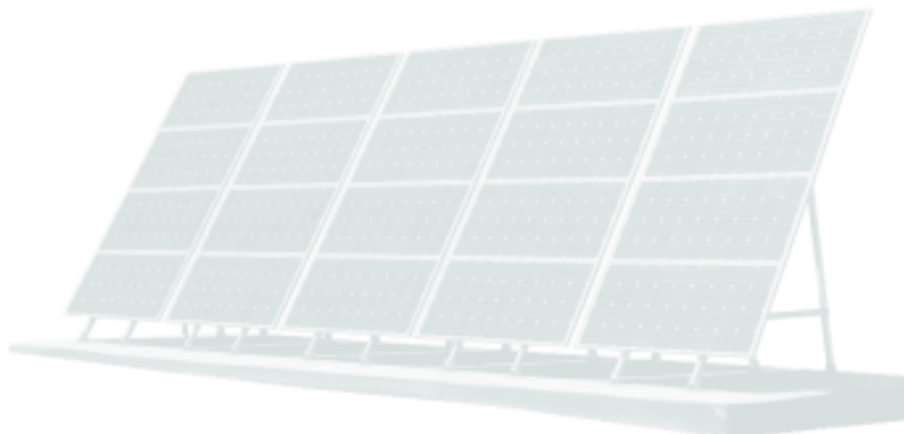
De esa forma se asume también el cumplimiento de compromisos supranacionales, tanto en relación con las políticas de la Unión Europea, como con otros organismos y protocolos internacionales.

Esta publicación se inserta dentro de la estrategia energética de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia y el programa SAVE de la Unión Europea, que además de contribuir a alcanzar los objetivos nacionales y cumplir los compromisos supranacionales, pretende mejorar la situación medioambiental de la región, contribuir a la mayor calidad de vida de sus ciudadanos, y mejorar la competitividad de la economía murciana.

Índice



Instalación Solar Fotovoltaica
en Zarandona. Murcia



Capítulo 1:

● ● ● **Desarrollo de la Energía Solar Fotovoltaica**

1. Introducción	13
2. Desarrollo actual en España.	14
3. Situación actual en la Región de Murcia	16

Capítulo 2:

Tecnología y aplicaciones de la Energía Solar Fotovoltaica

1. Características de la Energía Solar Fotovoltaica. Conceptos básicos	21
2. Usos y aplicaciones de la Energía Solar Fotovoltaica	23
2.1 Sistemas aislados	23
2.2 Sistemas conectados a la red	29
2.2.1 Tejados de viviendas	31
2.2.2 Plantas de Producción eléctrica	32
2.2.3 Integración en edificios	33
3. Tecnología de los principales componentes de los sistemas solares fotovoltaicos.	36

Capítulo 3:

Rentabilidad económica de las instalaciones de Energía Solar Fotovoltaica

1. Venta de la energía producida en instalaciones conectadas a la red	41
2. Instalaciones aisladas	43
3. Instalaciones conectadas a la red de potencia inferior a 5 kWp.	45
4. Instalaciones conectadas a la red de potencia superior a 5 kWp	47

Capítulo 4:

La Energía Solar Fotovoltaica en los planes de desarrollo

1. Planes europeos relativos a Energía Solar Fotovoltaica 53
2. Planes nacionales relativos a Energía Solar Fotovoltaica 54
3. Objetivos para la Región de Murcia en Energía Solar Fotovoltaica 56

Anexo I:

Empresas del Sector Fotovoltaico 59

Anexo II:

Censo de las principales instalaciones fotovoltaicas en la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia 67

Anexo III:

Legislación aplicable a todo el Estado Español

- Resumen RD 2818/1998 73
RD 1663/2000 80
Resolución de la DG de Política Energética y Minas. 31 mayo 2001 ... 91

Direcciones de interés en la Región de Murcia

..... 103

CAPÍTULO 1

Desarrollo de la Energía Solar Fotovoltaica

Instalación Solar Fotovoltaica para iluminación y alimentación eléctrica, en Sierra de Carrascoy (Murcia).

La generación de electricidad por fuentes alternativas ha sido el reto de nuestra sociedad desde la crisis del petróleo en los años setenta. Hoy la energía solar es una realidad y se ha convertido en el mayor recurso potencial de suministro de electricidad a largo plazo.

1 Desarrollo de la Energía Solar Fotovoltaica

1. Introducción

La energía solar eléctrica, o fotovoltaica que es como más comúnmente se la conoce, es una energía limpia y renovable, de fácil instalación y mantenimiento, que la Región de Murcia desea desarrollar en el ámbito de su territorio. Con ese motivo se presenta este documento que pretende dar a conocer el estado de la tecnología y su desarrollo en la propia Comunidad.

Aunque la energía solar fotovoltaica sólo representa el 0,001 por ciento del suministro de energía eléctrica que satisface las necesidades de consumo en todo el mundo, se prevé un rápido y significativo crecimiento de su implantación, basado en el actual desarrollo de la tecnología y el compromiso medioambiental de los países más desarrollados. El sector fotovoltaico se sustenta en una tecnología de vanguardia y una industria puntera que en los últimos años está teniendo un crecimiento anual medio superior al 30%.

En el medio plazo, se estima que habrá una reducción importante de costes debido a una mejora de la eficiencia de las tecnologías actuales, a la optimización de los procesos de fabricación, a la aplicación de economías de escala y al desarrollo de nuevas tecnologías. En el año 2010 se prevé que los costes serán menores en un 30% para instalaciones aisladas y un 40% en instalaciones conectadas a la red.

Aunque tradicionalmente el uso de la energía solar fotovoltaica ha sido en aplicaciones aisladas de la red eléctrica, desde hace unos años la incorporación de esta tecnología al entorno urbano está facilitando su difusión y desarrollo. Es necesario tener en cuenta que la generación eléctrica fotovoltaica es la única que puede producir, a partir de una fuente renovable, electricidad allí donde se consume.

2. Desarrollo actual en España

Tanto la producción industrial como la investigación relacionada con la generación eléctrica fotovoltaica que se desarrolla en España ocupan un destacado lugar en el panorama mundial.

España hoy es el primer país europeo productor de células y paneles fotovoltaicos, con más del 10% de la producción mundial, contando con tres fabricantes: ATERSA, BP SOLAR e ISOFOTÓN.

La producción de paneles fotovoltaicos en España dispone de las más avanzadas tecnologías y los fabricantes españoles tienen instalaciones y procesos productivos que sitúan a nuestro país en el tercer puesto a escala mundial, después de Estados Unidos y Japón.

Para conseguir unas elevadas prestaciones en todo el sistema industrial fotovoltaico es necesaria una intensa y continuada actividad de I+D, tanto en las propias industrias como en los centros de investigación.

La industria fotovoltaica está concentrando su actividad de I+D en:

- El desarrollo de paneles fotovoltaicos con mayores niveles de eficiencia y menor coste de fabricación.
- La mejora de la eficiencia de los dispositivos de electrónica de potencia, de transformación y las protecciones.

Por otro lado, existen en España más de 25 centros de I+D dedicados a la investigación en este campo. En el último Congreso Mundial Fotovoltaico de Viena (1998), después de los alemanes, estadounidenses y japoneses, los tecnólogos españoles fueron los que mayor número de ponencias presentaron.

Estos datos contrastan con el actual nivel de implantación de la Energía Solar Fotovoltaica en España, pues la potencia instalada en toda España hasta el año 2000 es poco más de 12 MWp (aproximadamente 2,8 MWp pertenecen a instalaciones conectadas a red y el resto a instalaciones aisladas), cuando en países como Alemania la potencia instalada es de cinco veces más elevada.

Según datos del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), la potencia solar fotovoltaica instalada a finales del año 2000 en las diferentes Comunidades Autónomas era:

MWp instalados	
Andalucía	3,70
Aragón	0,16
Asturias	0,13
Baleares	0,73
Canarias	0,85
Cantabria	0,03
Castilla León	0,78
Castilla la Mancha	1,22
Cataluña	1,72
Comunidad Valenciana	0,67
Extremadura	0,27
Galicia	0,12
La Rioja	0,04
Madrid	0,79
Murcia	0,09
Navarra	0,32
País Vasco	0,15
No regionalizable	0,60
Total	12,12

Datos a 31 de diciembre de 2000.

La industria fotovoltaica española proporciona empleo directo a más de 1.200 personas. De las cuales 700 tienen sus puestos de trabajo en procesos de fabricación (un 15% corresponden a titulados superiores) y 500 en las fases de comercialización y desarrollo de proyectos. A su vez, proporciona empleo indirecto a más de 5.000 personas.

En el anexo 1 se relacionan los principales fabricantes españoles de productos y sistemas de energía solar fotovoltaica.

En cuanto a centros de investigación que realizan una actividad relevante se pueden citar:

- El Instituto de Energía Solar (IES) de la Universidad Politécnica de Madrid, que desde 1979 trabaja en las diferentes áreas de investigación tecnológica relacionadas con la energía solar fotovoltaica; tiene un gran prestigio a escala mundial en el diseño y experimentación en sistemas solares fotovoltaicos, con relevantes resultados en el campo de los sistemas de concentración fotovoltaica y de las células bifaciales.

- El Centro de Investigaciones Energéticas y Medio Ambientales (CIEMAT) dependiente del Ministerio de Ciencia y Tecnología, que además de contar con un prestigioso laboratorio de análisis y certificación de sistemas fotovoltaicos, trabaja muy activamente en el desarrollo de nuevas tecnologías fotovoltaicas, entre las que destacan las de lámina delgada.

3. Situación actual en la Región de Murcia

La Región de Murcia ha sido hasta hace poco, una de las comunidades autónomas con menor implantación de instalaciones solares fotovoltaicas del territorio español (a finales del año 2000, ocupaba el lugar número quince entre las diecisiete comunidades autónomas españolas), siendo la mayoría de las instalaciones, de pequeña potencia, localizadas sobre todo en viviendas aisladas. Esta situación va evolucionando favorablemente en los últimos tiempos, con la proliferación de empresas instaladoras y mantenedoras de este tipo de instalaciones y las políticas de ayudas por parte de las diferentes administraciones.



El Plan de Fomento de las Energías Renovables, así como las políticas de ayudas y subvenciones, van a hacer posible que la Región de Murcia, –con un alto potencial de radiación solar, uno de los más altos de todo el territorio español– invierta esa tendencia, según prevé en sus objetivos el Plan de Fomento de las Energías Renovables, estimando alcanzar para el año 2010

una potencia instalada de 4,25 MWp., de los cuales 3,45 MWp serán instalaciones conectadas a red y 0,80 MWp instalaciones aisladas. En la siguiente tabla se ponen de manifiesto los objetivos de dicho Plan para el año 2010:

Objetivos de potencia instalada en MWp al año 2010			
C.C. A.A.	Conectada a red	Aislada	Total
Andalucía	11,50	4,00	15,50
Aragón	5,75	1,20	6,95
Asturias	3,45	0,40	3,85
Baleares	6,90	0,40	7,30
C. Valenciana	9,20	1,20	10,40
Canarias	5,75	1,00	6,75
Cantabria	3,45	0,40	3,85
Castilla-La Mancha	3,45	2,00	5,45
Castilla y León	9,20	2,40	11,60
Cataluña	14,95	1,00	15,95
Extremadura	4,60	1,60	6,20
Galicia	4,60	1,60	6,20
La Rioja	3,45	0,40	3,85
Madrid	12,65	0,40	13,05
Murcia	3,45	0,80	4,25
Navarra	6,90	0,80	7,70
Pais Vasco	5,75	0,40	6,15
TOTAL	115,00	20,00	135,00

**Fuente: Plan de Fomento de las Energías Renovables 2000/2010*

El Gobierno Regional, consciente de esta situación y dentro de su política de promoción de las sobre Energías Renovables en la Comunidad Autónoma, ha creado recientemente la Fundación Agencia Regional de Gestión de la Energía, que tiene entre sus objetivos fomentar el Ahorro Energético, el uso de las “Energías Limpias”, en concreto de la Energía Solar Fotovoltaica y reducir la dependencia energética convencional en su ámbito territorial.

En la actualidad, las necesidades de electrificación rural, sobre todo en viviendas aisladas, junto a los elevados recursos naturales disponibles, hacen que la Energía solar Fotovoltaica deba jugar un papel preponderante en todo el territorio regional.

Fábrica
de Enertrón
en Torres de
la Alameda
(Madrid).



Otras aplicaciones con Energía Solar Fotovoltaica en sectores con perspectivas de desarrollo muy buenas, son los siguientes:

- Instalaciones de bombeo.
- Alumbrado público.
- Residencial.
- Servicios.
- Instalaciones conectadas a red.

Dentro de este grupo, las instalaciones conectadas a red, son las que gozan de una mayor previsión de crecimiento a corto y medio plazo, tanto mediante las Centrales Fotovoltaicas de gran tamaño, como de las instalaciones integradas en edificios que actualmente ya tienen suministro eléctrico. En ambos casos sus producciones energéticas limpias se destinan íntegramente a su venta a la red eléctrica de distribución.

CAPÍTULO 2

Tecnología y Aplicaciones de la Energía Solar Fotovoltaica

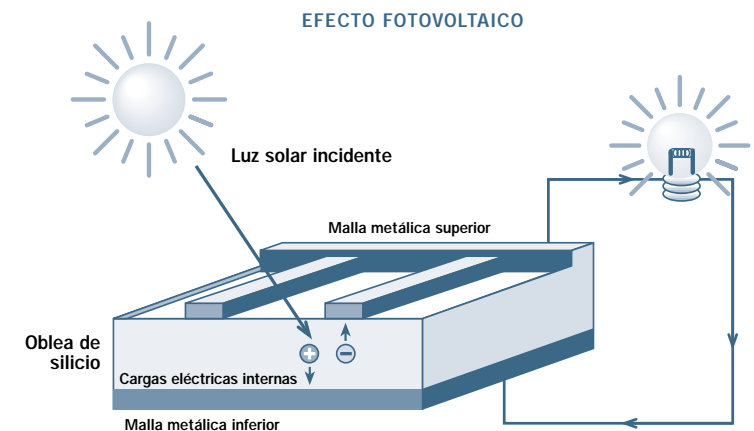
La cantidad de energía que se recibe anualmente del Sol se estima del orden de 149 millones de kWh, cantidad muy superior al consumo mundial de energía de nuestro planeta, pero el problema radica en convertirla de una forma eficiente en energía eléctrica.

2 Tecnología y Aplicaciones de la Energía Solar Fotovoltaica

1. Características y conceptos básicos

Los sistemas fotovoltaicos, basándose en las propiedades de los materiales semiconductores, transforman la energía que irradia el Sol en energía eléctrica, sin mediación de reacciones químicas, ciclos termodinámicos, o procesos mecánicos que requieran partes móviles.

El proceso de transformación de energía solar en energía eléctrica se produce en un elemento semiconductor que se denomina célula fotovoltaica. Cuando la luz del Sol incide sobre una célula fotovoltaica, los fotones de la luz solar transmiten su energía a los electrones del semiconductor para que así puedan circular dentro del sólido. La tecnología fotovoltaica consigue que parte de estos electrones salgan al exterior del material semiconductor generándose así una corriente eléctrica capaz de circular por un circuito externo.



La conexión de células fotovoltaicas y su posterior encapsulado y enmarcado da como resultado la obtención de los conocidos paneles o módulos fotovoltaicos de utilización doméstica e industrial, como elementos generadores eléctricos de corriente continua.

Las instalaciones fotovoltaicas se caracterizan por:

- Su simplicidad y fácil instalación.
- Ser modulares.
- Tener una larga duración (la vida útil de los módulos fotovoltaicos es superior a 30 años).
- No requerir apenas mantenimiento.
- Tener una elevada fiabilidad.
- No producir ningún tipo de contaminación ambiental.
- Tener un funcionamiento silencioso.

Pero para conseguir su plena incorporación a los hábitos de la sociedad, como una solución complementaria a los sistemas tradicionales de suministro eléctrico, es necesario superar ciertas barreras:

Económicas: Insistiendo en la reducción de sus costes de fabricación y precio final de la instalación, que podrá derivarse de las innovaciones que se introduzcan y, en gran medida de las economías de escala que se generen como consecuencia del aumento de la demanda y de los volúmenes de producción.

Estéticas: Integrando los elementos fotovoltaicos en los edificios y en los entornos rural y urbano.

Financieras: Consiguiendo condiciones de financiación aceptables para abordar la inversión necesaria.

Administrativas: Obteniendo el máximo apoyo de las Administraciones Públicas, y clarificándose y agilizándose las tramitaciones necesarias.

Conceptos básicos

Las condiciones de funcionamiento de un módulo fotovoltaico dependen de algunas variables externas como la radiación solar y la temperatura de funcionamiento, por ello para medir y comparar correctamente los diferentes módulos fotovoltaicos, se han definido unas condiciones de trabajo nominales o estándar. Estas condiciones se han normalizado para una temperatura de funcionamiento de 25° C y una radiación solar de 1.000 W/m², y los valores eléctricos con estas condiciones se definen como valores pico.

Teniendo en cuenta que la unidad de potencia eléctrica es el vatio (W) y sus múltiplos el kilovatio (1 kW = 1.000 W) y el megavatio (1 MW = 1.000.000 W), la potencia de un módulo fotovoltaico se expresa en vatios pico (Wp), refiriéndose a la potencia suministrada a una temperatura de 25° C y una radiación solar (irradiancia) de 1.000W/m².

Por otro lado, la energía producida por los sistemas fotovoltaicos es el resultado de multiplicar su potencia nominal por el número de horas pico, dado que no todas las horas de Sol son de la intensidad considerada como pico, es decir 1.000 W/m². Y se mide de igual forma que en el resto de sistemas energéticos, en vatios hora (Wh) y sus múltiplos en kilovatios hora (1 kWh = 1.000 Wh) y megavatios hora (1 MWh = 1.000.000 Wh).

El número de horas pico de un día concreto se obtendrá dividiendo toda la energía de ese día (en Wh/m²) entre 1.000 W/m². Para tener una idea, la suma total de la energía que produce el Sol durante un día sólo equivale en España a unas 5 horas solares pico durante el verano y entre 2 y 4 durante el invierno, según la zona.

2. Usos y Aplicaciones de la Energía Solar Fotovoltaica

Hay dos formas de utilizar la energía eléctrica generada a partir del efecto fotovoltaico:

- En instalaciones aisladas de la red eléctrica.
- En instalaciones conectadas a la red eléctrica convencional.

Mientras que en las primeras la energía generada se almacena en baterías para así disponer de su uso cuando sea preciso, en las segundas toda la energía generada se envía a la red eléctrica convencional para su distribución donde sea demandada.

2.1 Sistemas aislados de la red eléctrica

Estos sistemas se emplean sobre todo en aquellos lugares en los que no se tiene acceso a la red eléctrica y resulta más económico instalar un sistema fotovoltaico que tender una línea entre la red y el punto de consumo.

Como los paneles sólo producen energía en las horas de Sol y la energía se necesita durante las 24 horas del día, es necesario un sistema de acumulación. Durante las horas de luz solar hay que producir más energía de la que se consume, para acumularla y posteriormente poder utilizarla cuando no se esté generando.

La cantidad de energía que se necesita acumular se calcula en función de las condiciones climáticas de la zona y el consumo de electricidad. De tal manera que en una zona donde haya muchos días soleados al año habrá que acumular poca energía. Si el periodo sin luz no es suficientemente largo, hay que acumular más energía.

El número de paneles a instalar debe calcularse teniendo en cuenta:

- la demanda energética en los meses más desfavorables.
- las condiciones técnicas óptimas de orientación e inclinación, dependiendo del lugar de la instalación.

Para optimizar el sistema es necesario calcular correctamente la demanda con el fin de no sobredimensionar la instalación.

Conviene utilizar electrodomésticos e iluminación de bajo consumo, para que de esta manera el sistema sea más económico. Actualmente existe una gran variedad de productos de bajo consumo.

Elementos

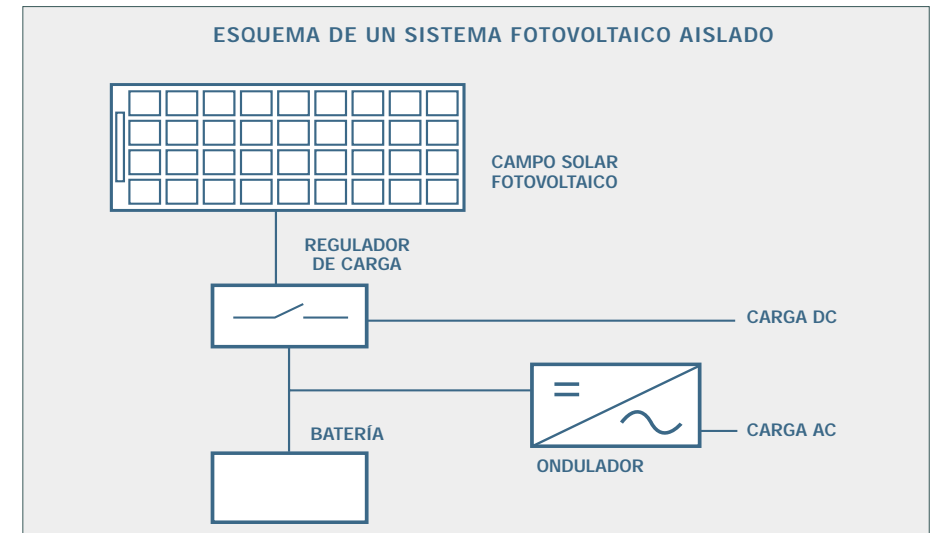
Básicamente estos sistemas fotovoltaicos constan de los siguientes elementos:

Generador fotovoltaico: Transforma la energía del Sol en energía eléctrica y carga las baterías.

Regulador de carga: Controla la carga de la batería evitando que se produzcan sobrecargas o descargas excesivas, que disminuyen la vida útil del acumulador. Puede incorporar un sistema de seguimiento del punto de máxima potencia, que es un dispositivo que aumenta el rendimiento de la instalación.

Sistema de acumulación. Baterías: Acumulan la energía entregada por los paneles. Cuando hay consumo, la electricidad la proporciona directamente la batería y no los paneles.

Ondulador: La corriente que entrega la batería es corriente continua y la mayoría de los electrodomésticos que se comercializan, funcionan con corriente alterna. Por este motivo se utilizan onduladores que convierten la corriente continua en alterna.



Mantenimiento

El generador fotovoltaico se estima que tiene una vida útil superior a 30 años, siendo la parte más fiable de la instalación. La experiencia indica que los paneles nunca dejan de producir electricidad, aunque su rendimiento pueda disminuir ligeramente con el tiempo.

Por otro lado las baterías con un correcto mantenimiento tienen una vida aproximada de diez años.

Las operaciones de mantenimiento son:

- Los paneles que forman el generador apenas requieren mantenimiento, basta limpiarlos con algún producto no abrasivo cuando se detecte suciedad.
- El regulador de carga no requiere mantenimiento, pero sí necesita ser revisado para comprobar su buen funcionamiento.
- En las baterías se debe controlar que el nivel de agua del electrolito esté dentro de unos límites aceptables. Para reponerlo se utiliza agua desmineralizada o destilada. Además, se debe revisar su nivel mensualmente en cada uno de los elementos y mantener los bornes de conexión libres de sulfato. La medida de la densidad del electrolito puede avisar de posibles averías. Actualmente existen baterías sin mantenimiento o de electrolito gelificado que no necesitan reposición de agua.
- El ondulador no necesita ningún mantenimiento especial, únicamente debe ser revisado para comprobar su buen funcionamiento.

Aplicaciones

Las principales aplicaciones de los sistemas aislados de la red eléctrica son:

- *Aplicaciones Espaciales:* Desde los orígenes de la aventura espacial los satélites y naves espaciales han utilizado paneles solares fotovoltaicos para alimentar sus equipos electrónicos.

- *Sector de gran consumo:* Calculadoras, relojes, etc.

- *Telecomunicaciones:* Existen multitud de equipos de telecomunicaciones situados en zonas de difícil acceso, alejados de la red eléctrica, alimentados por energía solar fotovoltaica. En estos casos, normalmente, la solución solar es la más económica y fiable. Son ejemplos característicos: repetidores de televisión, equipos de radio, antenas de telefonía móvil, etc..



Conexión a red (AESOL) en cubierta de nave industrial. Navarra.

terrestre es una de las grandes aplicaciones de los sistemas fotovoltaicos. Así son numerosos los ejemplos en balizamiento de aeropuertos, señalización de carreteras y puertos, etc..

- *Bombeo:* Al estar los pozos alejados de la red eléctrica, el bombeo con energía FV es una solución muy adecuada. Estas instalaciones se adaptan muy bien a las necesidades ya que en los meses más soleados, que es normalmente cuando más agua se necesita, es cuando más energía se produce.

- *Zonas protegidas:* En parajes naturales, donde por motivos de protección ambiental se recomienda no instalar tendidos eléctricos aéreos, en ocasiones, resulta más rentable utilizar sistemas fotovoltaicos en lugar de tendidos subterráneos o grupos electrógenos que utilizan combustibles fósiles.



Instalación Solar Fotovoltaica conectada a red. Vivienda Rural, en el Raal. Murcia.



Cabina telefónica. Sin conexión a red Madrid.



Conexión a red con seguimiento solar. Navarra.

- *Electrificación de viviendas aisladas:* La distancia del punto de consumo a la red eléctrica puede hacer, en muchos casos, más rentable esta aplicación debido no solo al coste del instalar el tendido eléctrico sino también a la calidad del suministro eléctrico al evitarse cortes de electricidad, muy frecuentes en lugares aislados.



Instalación Solar Fotovoltaica aislada de vivienda rural. Lorca, Murcia.

• *Alumbrado de calles y carreteras:* La posibilidad de utilizar sistemas de iluminación autónomos de fácil instalación y mínima obra civil hace que sea una solución adecuada en muchas ocasiones.



Farola Fotovoltaica en la Casa de Campo de Madrid

• *Sistemas centralizados para poblaciones rurales aisladas:* Cuando hay que electrificar una pequeña población rural aislada, la solución más idónea es instalar un sistema centralizado que gestione y distribuya la energía de los habitantes de la pequeña población.



Instalación Solar Fotovoltaica en estación de telecontrol e iluminación. Los Martínez del Puerto. Murcia.

2.2 Sistemas conectados a la red eléctrica

En los núcleos de población que disponen de fluido eléctrico, la conexión a red de los sistemas fotovoltaicos es una solución idónea para contribuir a la reducción de emisiones de dióxido de carbono (CO₂) a la atmósfera. Esta aplicación se ajusta muy bien a la curva de demanda de la electricidad. El momento en que más energía generan los paneles, cuando hay luz solar, es cuando más electricidad se demanda.

En España, la electricidad generada con sistemas fotovoltaicos goza de una prima que mejora su rentabilidad económica.

Al instalar un sistema fotovoltaico conectado a la red, se dispone de una mini-central eléctrica que inyecta kWh verdes a la red para que se consuman allí donde sean demandados.

Para que estas instalaciones sean técnicamente viables es necesario:

- *La existencia de una línea de distribución eléctrica cercana con capacidad para admitir la energía producida por la instalación fotovoltaica.*
- *La determinación, con la compañía distribuidora, del punto de conexión.*
- *Proyectar un sistema que incluya equipos de generación y transformación de primera calidad, con las protecciones establecidas y debidamente verificados y garantizados por los fabricantes, de acuerdo a la legislación vigente.*
- *Una instalación realizada por un instalador cualificado.*

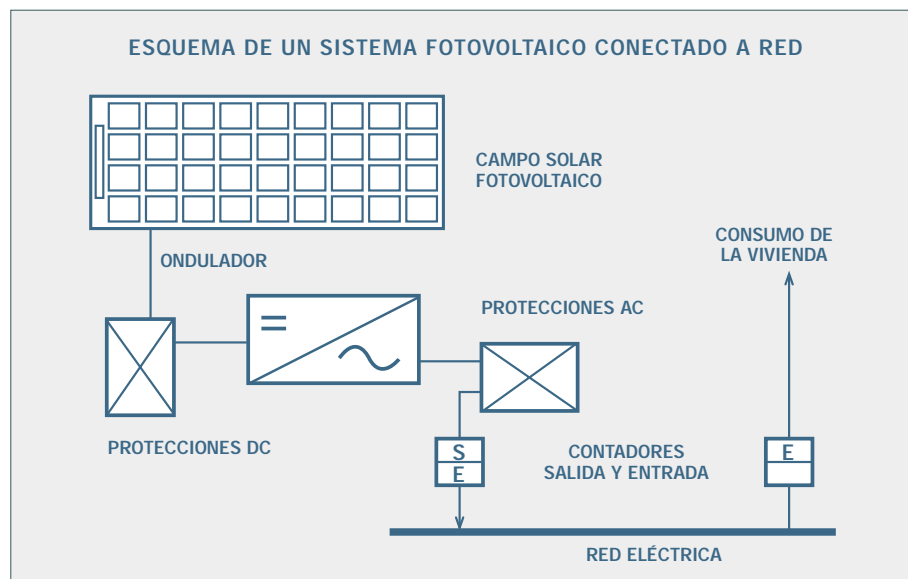
En las instalaciones conectadas a red, el tamaño de la instalación no depende del consumo de electricidad de la vivienda o edificio, simplificando enormemente su diseño. Para dimensionar la instalación es necesario conocer la inversión prevista y el espacio disponible.

Es importante recordar que el consumo de electricidad es independiente de la energía generada por los paneles fotovoltaicos. El usuario sigue comprando la electricidad que consume a la distribuidora al precio establecido y además es propietario de una instalación generadora de electricidad que puede facturar los kWh producidos a un precio superior.

Elementos

Los elementos que componen la instalación son:

- **Generador fotovoltaico:** Transforma la energía del Sol en energía eléctrica, que se envía a la red.
- **Cuadro de protecciones:** Contiene alarmas, desconectores, protecciones, etc.
- **Ondulador:** Transforma la corriente continua producida por los paneles en corriente alterna de las mismas características que la de la red eléctrica.
- **Contadores:** Un contador principal mide la energía producida (kWh) y enviada a la red, para que pueda ser facturada a la compañía a los precios autorizados. Un contador secundario mide los pequeños consumos de los equipos fotovoltaicos (kWh) para descontarlos de la energía producida.



Mantenimiento

El mantenimiento se reduce a la limpieza de los paneles, cuando se detecte suciedad, y a la comprobación visual del funcionamiento del inversor. La vida media de la instalación se estima superior a treinta años.

Aplicaciones

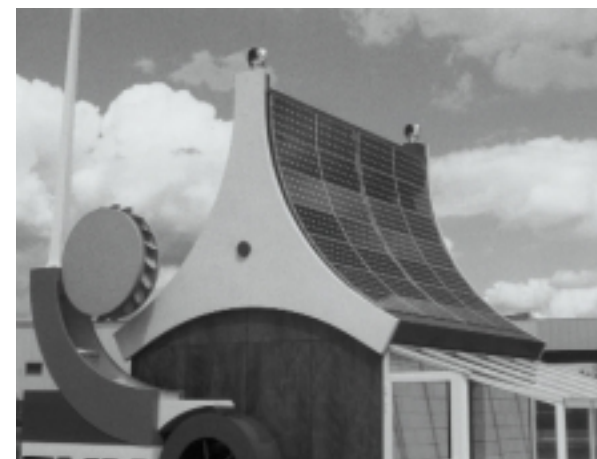
Las principales aplicaciones de los sistemas conectados a la red eléctrica son:

2.2.1 Tejedos de viviendas: Son sistemas modulares de fácil instalación donde se aprovecha la superficie de tejado existente para sobreponer los módulos fotovoltaicos.

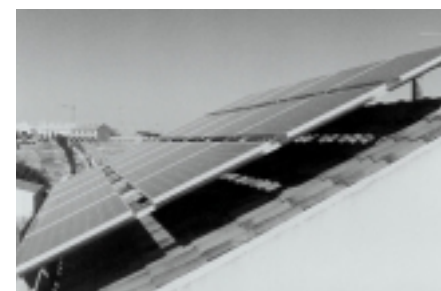
Una instalación de unos 3 kWp que ocupa cerca de 30 m² de tejado, inyectaría a la red tanta energía como la consumida por la vivienda a lo largo del año.

Para ofrecer una solución más económica se están utilizando sistemas prefabricados que reducen notablemente el tiempo de realización de la instalación y aumentan su fiabilidad. Una vez terminada la instalación, el sistema fotovoltaico es un elemento más de la vivienda, aportando una fuente adicional de producción de electricidad y un gran valor ecológico añadido.

Por sus características y la actual reglamentación en España, se prevé que sea la aplicación más extendida en los próximos años.



Edificio con instalación didáctica, conexión a red y bombeo directo. Parque Polo de Educación vial. (Volkswagen).



Centro de Salud de Torres de la Alameda.



Universidad de Comillas.
Madrid.

Conexión a red
sobre cubierta-
fachada. Centro de
transportes. Vitoria.

2.2.2 Plantas de Producción: Las plantas de producción de electricidad son aplicaciones de carácter industrial que pueden instalarse en zonas rurales o sobrepuestas en

grandes cubiertas de áreas urbanas (aparcamientos, zonas comerciales, áreas deportivas, etc....).

Para aumentar la capacidad de producción de una planta fotovoltaica hasta en un 25% se pueden utilizar sistemas de seguimiento del Sol.



Planta de
producción de
Toledo PV en Toledo.

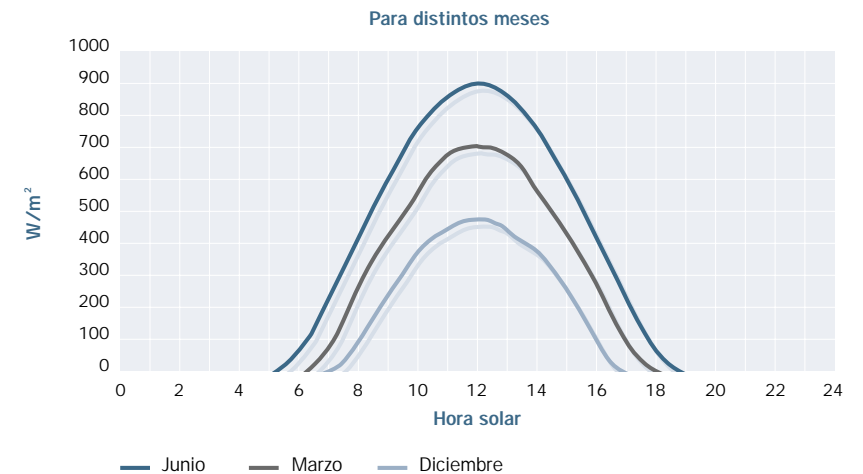
2.2.3 Integración en edificios: En esta aplicación es prioritario el nivel de integración del elemento fotovoltaico en la estructura del edificio.

Por integración fotovoltaica debemos entender la sustitución de elementos arquitectónicos convencionales por nuevos elementos arquitectónicos fotovoltaicos, generadores de energía.

Tanto para aplicaciones aisladas de la red eléctrica, como para las conectadas a ella, es necesario cuidar su incorporación al entorno. En las aplicaciones urbanas conectadas a red, donde se unen exigencias urbanísticas y motivaciones medioambientales, la integración debe ser proyectada de forma especial.

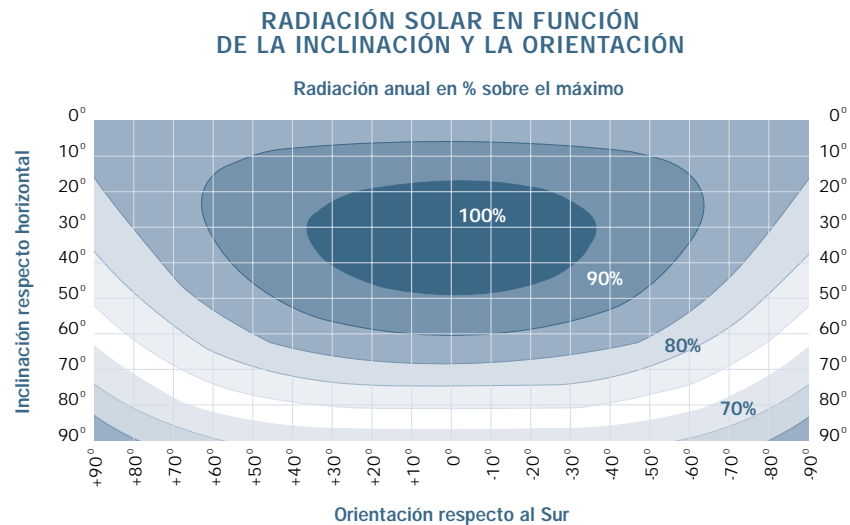
La demanda de energía del sector terciario en la Unión Europea está creciendo de forma significativa, por lo que su correcta integración en edificios, y consiguiente aportación energética en las horas punta, contribuye a reducir la producción diurna de energía convencional.

GRÁFICO DE LA RADIACIÓN SOLAR DIARIA



Las aplicaciones de integración en edificios más frecuentes son:

- Recubrimiento de fachadas.
- Muros cortina.
- Parasoles en fachada.
- Pérgolas.
- Cubiertas planas acristaladas.
- Lucernarios en cubiertas.
- Lamas en ventanas.
- Tejas.



Para conseguir una mejor integración del elemento fotovoltaico en los edificios es necesario tenerla en cuenta desde el inicio del diseño del edificio. De esta manera se podrá conseguir mejorar el aspecto exterior y el coste del edificio al poderse sustituir elementos convencionales por los elementos fotovoltaicos. A veces es necesario sacrificar parte del rendimiento energético por mantener la estética del edificio.

Para aplicaciones arquitectónicas se utiliza frecuentemente el encapsulado de células convencionales en cristal – cristal.

Dichos módulos cristal – cristal son muy apropiados para este tipo de aplicaciones, pues además de cubrir totalmente los requerimientos técnicos y estéticos del diseño, permiten ciertos niveles de semitransparencia que ayudan a aumentar la luminosidad del interior del edificio.



Pista polideportiva del Colegio Nuevo Horizonte. Las Rozas.



Exterior e Interior de la fachada de la Biblioteca de Mataró. Barcelona.



Estación
de Servicio BP
en Alcalá
de Henares

3. Tecnología de los principales componentes de los sistemas solares fotovoltaicos

Módulo fotovoltaico

La materia prima para la fabricación de las células fotovoltaicas más utilizada actualmente es el silicio. El silicio es el material más abundante en la Tierra después del oxígeno. Dado que la combinación de ambos forma el 60% de la corteza terrestre.

Este sistema de producción eléctrica renovable dispone de un combustible infinito, la luz solar, y de una tecnología que utiliza una materia prima practicante inagotable.

El silicio utilizado actualmente en la fabricación de las células que componen los módulos fotovoltaicos se presenta en tres formas diferentes:

- a) Silicio monocristalino
- b) Silicio policristalino
- c) Silicio amorfo

a) Silicio monocristalino. En este caso el silicio que compone las células de los módulos es un único cristal. La red cristalina es la misma en todo el material y tiene muy pocas imperfecciones. El proceso de cristalización es complicado y costoso, pero, sin embargo, es el que proporciona la mayor eficiencia de conversión de luz en energía eléctrica.

b) Silicio policristalino. No está formado por un solo cristal. El proceso de cristalización no es tan cuidadoso y la red cristalina no es la misma en todo el material. En este caso el proceso es más barato que el anterior pero se obtienen rendimientos ligeramente inferiores.

c) Silicio amorfo. En el silicio amorfo no hay red cristalina y se obtiene un rendimiento inferior a los de composición cristalina. Sin embargo posee la ventaja, además de su bajo coste, de ser un material muy absorbente por lo que basta una fina capa para captar la luz solar.

En la tabla siguiente se pueden observar los rendimientos actuales de las diferentes tecnologías de módulos solares en fase de comercialización.

Eficiencia	
Silicio monocristalino	13 - 15 %
Silicio policristalino	11 %
Silicio amorfo	7 %

También existen otras tecnologías o procesos de aceptable rendimiento, no todas basadas en el silicio, que se encuentran en fase de desarrollo en laboratorio o iniciando su fabricación en pequeñas plantas. Este es el caso del Teluro de Cadmio, Arseniuro de Galio, Células Bifaciales, etc.

Los paneles solares fotovoltaicos pueden exponerse directamente a la intemperie ya que las partes eléctricas se encuentran aisladas del exterior. Tienen un peso aproximado de 15 kg/m² más el peso de la estructura soporte que es de aproximadamente 10 kg/m². Es importante a la hora de su colocación y sujeción, tener en cuenta el efecto del viento.

Acumuladores

La naturaleza variable de la radiación solar hace que los sistemas fotovoltaicos aislados incorporen elementos de almacenamiento de energía que permitan disponer de ésta en los periodos en los que no hay radiación solar.

El abanico de posibles acumuladores de energía es grande, pero las actuales disponibilidades del mercado hacen que en los sistemas fotovoltaicos se utilice la acumulación electroquímica, es decir, la batería recargable. Las más utilizadas por precio y prestaciones son las de plomo ácido y las de níquel cadmio.

Dado que los requisitos exigibles a una batería de un sistema fotovoltaico son la resistencia al número de ciclos de carga y descarga y el mantenimiento reducido, es aconsejable utilizar baterías tubulares, con rejilla de aleación de bajo contenido en antimonio, con gran reserva de electrolito y vasos transparentes que facilitan la inspección visual de la batería.

Reguladores de carga

Su función es regular la carga y la descarga de las baterías. Existen diversas tecnologías comercializadas para aplicaciones fotovoltaicas. Si nos referimos a la forma de conmutación con la batería, encontramos dos tipos de sistemas de regulación: en paralelo, donde el exceso de tensión se controla derivando la corriente a un circuito que disipa la energía sobrante, y en serie, que incorpora interruptores, electromecánicos o electrónicos, que desconectan el generador cuando la tensión excede de un determinado nivel de referencia.

Onduladores

Son los elementos que adaptan la energía entregada por el generador fotovoltaico o por las baterías (en forma de corriente continua) a las condiciones requeridas por los diferentes tipos de cargas, ya sean éstas en corriente continua, en corriente alterna o inyección de energía directamente a la red.

Son muchos los tipos de onduladores que, utilizando diferentes tecnologías, se comercializan en la actualidad. Existen desde los que se aplican en sistemas aislados con demandas energéticas variables, y que deben ser robustos y eficientes, hasta los empleados en instalaciones conectadas a la red eléctrica, donde la baja producción de armónicos, su adaptación a cualquier red eléctrica y la generación como factor de potencia, son prioritarios.

CAPÍTULO 3

Rentabilidad económica de las instalaciones

Oficinas
de AESOL
conectadas
a red. Año 1997.
Proyecto
Thermie.

La instalación masiva de módulos fotovoltaicos conectados a red, con el fin de hacer atractivas las inversiones, requiere:

- *Mantener la actual prima durante un periodo suficientemente largo, y*
- *la obtención de una subvención a la inversión inicial.*

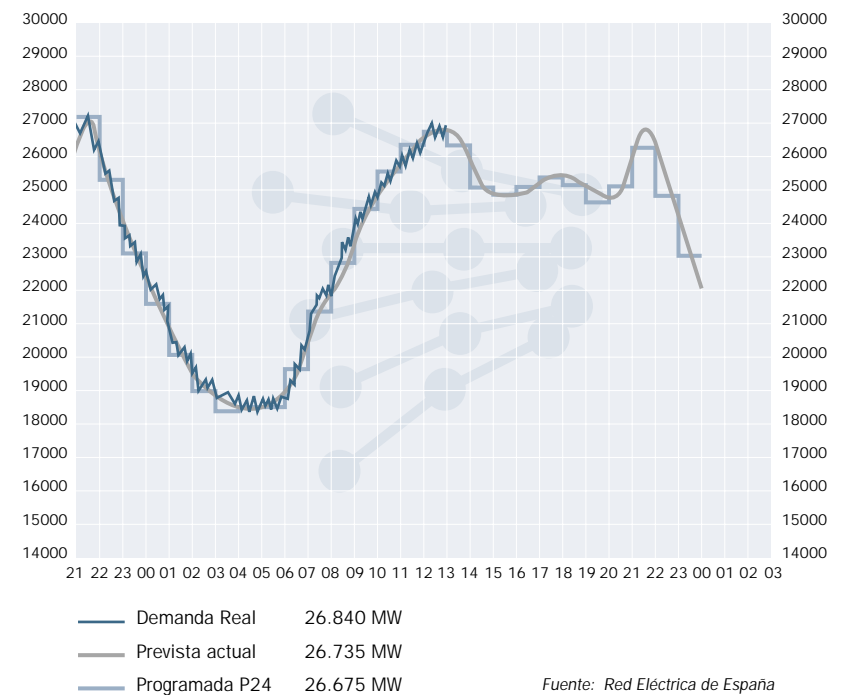
3 Rentabilidad económica de las instalaciones

1. Venta de la energía producida en instalaciones conectadas a la red

La red suministra electricidad a los usuarios según la demanda instantánea. Esta se refleja en la curva de carga diaria, como la que se muestra en la figura adjunta.

DEMANDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Martes, 11 Sep 2001 12:51:31



Observamos que existen dos zonas claramente diferenciadas:

- Horas valle, corresponden a las de la noche, después de las 24 horas, en las cuales han cesado muchas actividades, tanto domésticas como industriales o de servicios.
- Horas punta, corresponden a dos periodos de máxima actividad: mediodía y el inicio de la noche, en ambos casos hay una fuerte componente de demanda en usos domésticos y servicios.

El sistema general de generación y distribución a través de la red, ha de disponer de elementos de producción o almacenamiento que garanticen el suministro de esas demandas de electricidad, y satisfacer esas puntas representa grandes costes de inversión y explotación.

Las instalaciones fotovoltaicas se inyectan a la vez justo al mediodía, cuando se recoge y transforma más energía del Sol en electricidad. Por tanto, además de las razones ambientales, hay razones estructurales del propio sistema eléctrico, que aconsejan los sistemas fotovoltaicos.

Actualmente, la demanda de electricidad tiende a crecer al mediodía, especialmente en los meses de verano, cuando más, sistemas de refrigeración y aire acondicionado, tanto en viviendas como en edificios de uso público (centros de salud, oficinas, hoteles) están funcionando. Es precisamente en esta época, cuando la electricidad fotovoltaica es más eficiente.

La demanda social a favor de la energía fotovoltaica ha propiciado el establecimiento de normativas que priman el vertido a la red de toda la electricidad generada.

Las primas aplicables a la electricidad generada por los sistemas fotovoltaicos varía según la potencia de las instalaciones:

- Las instalaciones de menos de **5 kWp** de potencia reciben una prima de **0,360607 €/kWh** sobre el valor de subasta de la electricidad en la red. Sumándole el precio medio del kWh del mercado, se puede considerar que esto significa vender la electricidad vertida a la red a **0,396668 €/kWh**.
- Las instalaciones de más de 5 kWp de potencia reciben una prima de **0,180304 €/kWh** sobre el valor de subasta de la electricidad en la red. Sumándole el precio medio de la energía determinado por el mercado, puede considerarse un precio de venta de la electricidad vertida a la red de **0,216364 €/kWh**.

Así mismo para fomentar estas aplicaciones las Administraciones Públicas establecen ayudas a fondo perdido a la inversión inicial o a la financiación.

Para la aplicación de la prima, se considera potencia de la instalación fotovoltaica o potencia nominal, la suma de las potencias de los onduladores.

2. Instalaciones aisladas

Los sistemas fotovoltaicos son soluciones inmejorables para instalaciones aisladas. En este supuesto se debe hacer un análisis de la demanda eléctrica de forma que se minimice la inversión y se optimice el servicio energético. Cada caso precisa de un estudio específico, que realizan las empresas instaladoras.

Esta alternativa evita el tendido de la línea eléctrica que una el punto de consumo con el de transformación de la red de distribución. Con ello se evita el posible impacto ambiental de dicha línea aérea y su coste estimado en 6.010 Euros por Km.

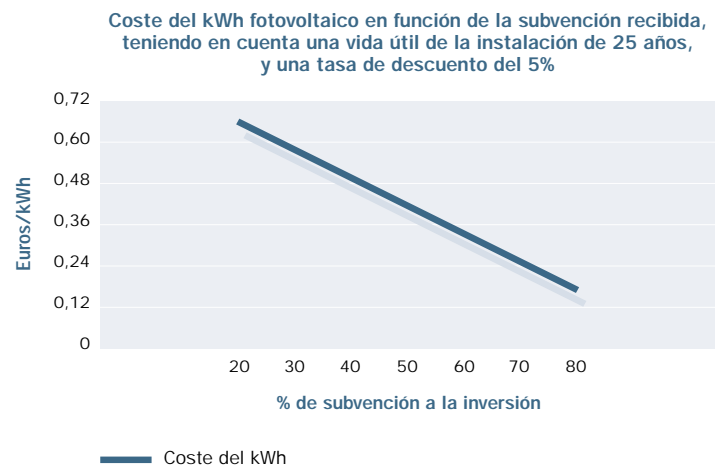
La instalación incluye los paneles fotovoltaicos, la batería de acumuladores que almacene la electricidad excedente en horas diurnas para disponer de ella en horas nocturnas y el inversor de corriente. A mayor demanda en los periodos sin Sol se precisa mayor capacidad de almacenamiento. Por ello conviene adecuar los hábitos de consumo a la producción de electricidad con paneles fotovoltaicos.

El análisis económico genérico de una instalación aislada, se calcula tomando como modelo un módulo de 1 kWp, totalmente instalado.

- Inversión Inicial 13.823 Euros
- Producción útil de electricidad 1.300 kWh/año
- Vida útil de la instalación. 25 años

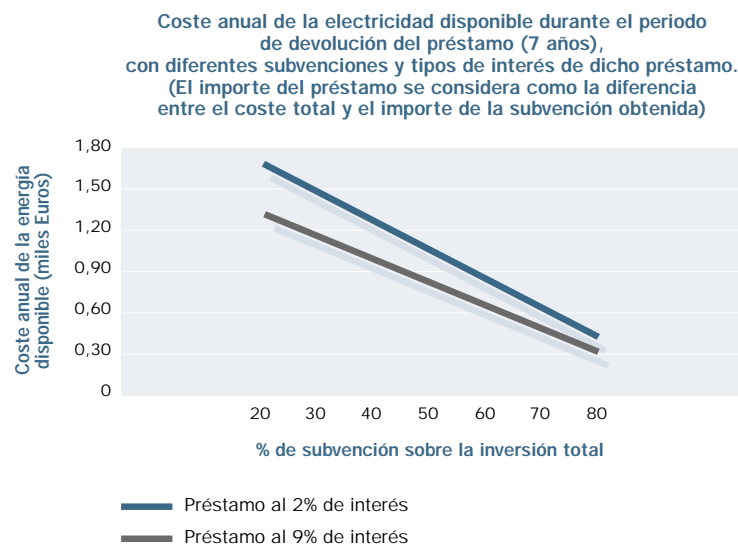
Al recibir una subvención, esta ayuda reduce la aportación del titular. Se estudian dos supuestos:

a) Que la inversión de la parte no subvencionada se realice con fondos propios.



b) Que la inversión de la planta no subvencionada se formalice mediante un crédito bancario:

La amortización de dicho crédito incrementaría el pago de la electricidad disponible correspondiente a los años de devolución pero una vez amortizado el préstamo y durante el resto de la vida de la instalación, el precio de la electricidad disponible será casi nulo.



3. Instalaciones conectadas a la red con potencia inferior a 5 kWp

Normalmente, estas instalaciones aprovechan la estructura de la vivienda o del edificio, y vierten a la red toda la electricidad producida.

El cálculo de la superficie de paneles a instalar puede seguir dos criterios distintos:

Instalaciones a medida, ocupando la máxima estructura disponible, siempre que reúnan las adecuadas condiciones técnicas y de orientación.

Instalaciones estándar, propuestas por los diferentes instaladores, a fin de minimizar el precio de la instalación.

Para la segunda alternativa, que es la más común, se plantea el análisis económico siguiente. Efectos de simplificación se consideran módulos compactos de 1 kWp.:

Para una instalación de una potencia instalada total de 2 kWp,

- Inversión inicial 15.025 €
- Producción anual de electricidad. . . . 2.800 kWh
- Valor de la venta de electricidad 1.111 €/año

Estas instalaciones, al igual que las instalaciones aisladas, se pueden acoger a programas de ayuda a la inversión que gestiona el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) y la Dirección General de Industria Energía y Minas de la Consejería de Economía y la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia. Ambos organismos estudian las solicitudes y las características de los proyectos, decidiendo las subvenciones aplicables en cada caso.

Para el análisis económico de estas instalaciones, se establecen los siguientes supuestos:

La subvención obtenida puede suponer porcentajes distintos de la inversión total. En este documento, a título de ejemplo, se considera un 35% de la inversión.

La aportación propia se considera del 25% de la inversión total.

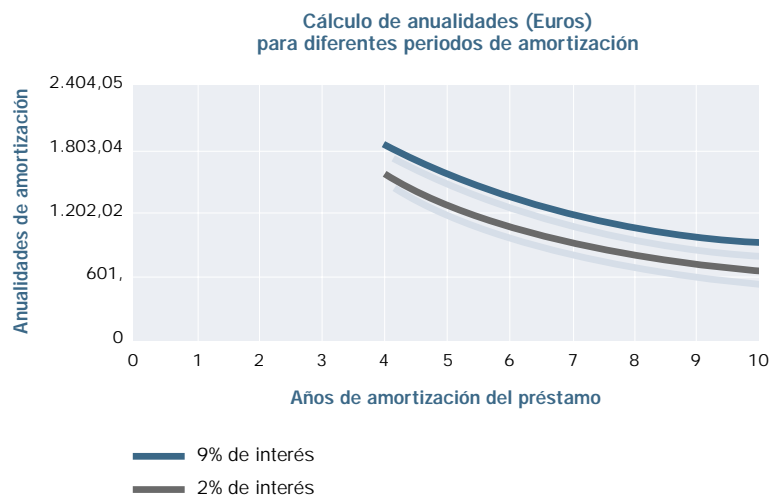
Con relación al préstamo del 40% restante, hay que considerar: el interés aplicable al mismo, y el periodo de devolución.

No se consideran costes de mantenimiento.

En estas instalaciones conectadas a la red, una vez amortizada la inversión inicial, la facturación de la electricidad supone un ingreso neto para el titular.

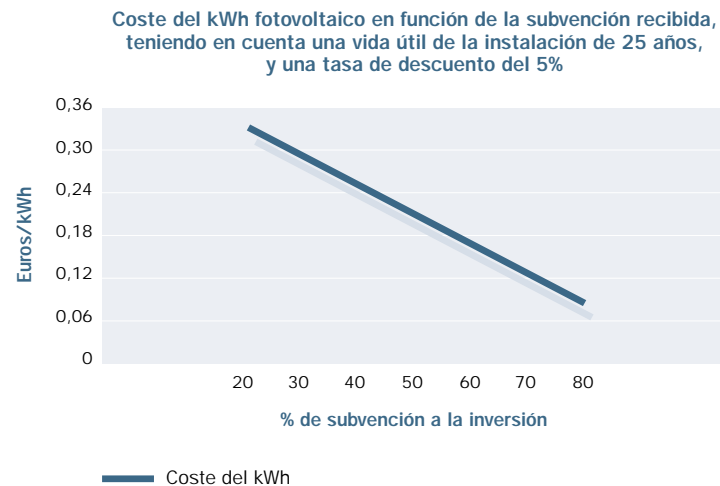
A continuación se muestra la gráfica que relaciona todos los parámetros económicos antes mencionados, para una instalación de 2 kWp de potencia:

- Aportación propia: 3.756 €
- Subvención: 5.259 €
- Préstamo: 6.010 €



Con un préstamo por valor del 40% de la inversión, a un interés del 2% anual; se observa que con un plazo de devolución de 6 años, la facturación anual de la electricidad producida equivale a la amortización anual de dicho préstamo. A partir de la cancelación de esa deuda la instalación da una renta anual de 1.111 €.

Teniendo en cuenta que la vida de una instalación fotovoltaica de estas características puede ser de 25 años, en la siguiente gráfica se puede ver el precio del kWh generado al considerar que la inversión de la parte no subvencionada se realiza con fondos propios, y una tasa de descuento del 5%.



4. Instalación conectada a la red de potencia superior a 5 kWp

La incorporación de instalaciones fotovoltaicas de media potencia, superior a 5 kWp, en edificios hoteles, oficinas, complejos deportivos, etc., suponen aportaciones significativas de electricidad en las horas punta, que puede coincidir con la punta de demanda de esos mismos edificios.

A estas instalaciones le corresponde un precio de venta de electricidad de 0,22 €/kWh.

Aunque por su tamaño se podría conseguir un precio total instalado inferior al de las instalaciones menores de 5 kWp, el menor valor de la prima hace que las rentabilidades disminuyan considerablemente.

Se pueden considerar tres tipos de instalaciones:

- Instalaciones entre 5 y 100 kWp, integradas y condicionadas por el diseño arquitectónico del edificio. Su coste de inversión se estima entre 7,5 y 8,5 € por vatio pico instalado. (En el coste total del edificio, existirá un ahorro debido a la sustitución de elementos arquitectónicos convencionales por elementos fotovoltaicos integrados).
- Instalaciones de hasta 1 MWp, no integradas en edificios, cuyos módulos básicos pueden ser de 100 kWp. El coste de la instalación es de 601.012 € por módulo.
- Instalaciones de mayor potencia, plantas de varios megavatios, cuyo módulo de diseño es de 1 MWp, y el coste por módulo, según este supuesto, de unos 4.808.097 €.

Para el caso de una instalación no integrada, de 1 MWp de potencia con módulos básicos de 100 kWp, se consideran los siguientes supuestos:

Precio de la instalación de 6.010.121 €.

Prima de 0,18 €/kWh.

Producción anual de electricidad de 1.400.000 kWh.

Ingreso por venta de electricidad: 302.910 € anuales.

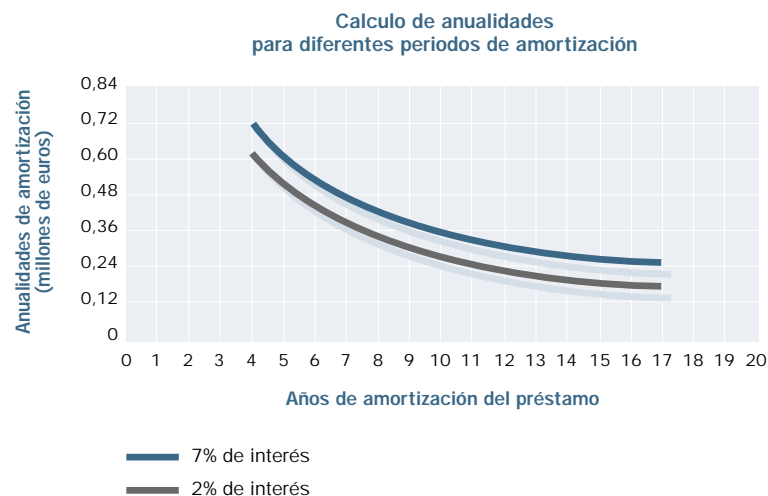
Subvención del 30% sobre la inversión total.

Aportación del promotor del 30% sobre la inversión total.

Préstamo del 40% restante, con dos ejemplos: al 2% y al 7% de interés anual.

Coste de mantenimiento, cero.

En estas condiciones y para un interés del 2% anual; se observa que con un plazo de devolución de poco más de 9 años, la facturación anual de la electricidad producida equivale a la amortización anual de dicho préstamo. El promotor, pasado el periodo de amortización del crédito, obtiene una renta de 302.910 € (50.400.000 pta) anuales, con una aportación propia de 180.303 € (30 millones de pesetas), en el mejor de los casos.



CUADRO DE RENTABILIDAD PARA INSTALACIONES CONECTADAS A RED				
Potencia instalada (kWp)	Inversión a realizar (Euros)	Precio venta Energía Producida €/kWh	RENTABILIDAD	
			Subvención	Periodo amortización
2 kWp	15.025	0,39668	20%	16 años
			40%	11 años
			60%	7 años
5 kWp	37.563	0,39668	20%	16 años
			40%	11 años
			60%	7 años
10 kWp	69.116	0,216344	20%	> 35 años
			40%	24 años
			60%	13 años
50 kWp	330.557	0,216344	20%	> 35 años
			40%	22 años
			60%	14 años
100 kWp	631.062	0,216344	20%	> 35 años
			40%	21 años
			60%	12 años

No se han considerado costes de mantenimiento.

La producción considerada es de 1.400 kWh/kWp.

La inversión de la parte no subvencionada se hace en su totalidad con fondos propios, y la tasa de descuento utilizada es del 5%.