

INTRODUCCIÓN A LAS ENERGÍAS

ENERGÍAS:

**SOLAR TÉRMICA
SOLAR FOTOVOLTAICA**

TOMO III

ÍNDICE

CAPÍTULO I: Introducción a las energías.

CAPÍTULO II: Energía solar térmica.

Introducción	1
Conceptos climáticos fundamentales	2
Medición práctica de la radiación solar	4
2 - El colector solar, o cómo puede captarse la radiación del sol.....	5
El principio del invernadero.....	5
El colector plano como aplicación práctica del principio del invernadero.....	6
Colector plano con medio líquido.....	8
Colectores planos de aire	11
Colectores concentradores	13
3 - Obtención del agua caliente con el sol	14
Sistemas de obtención de agua caliente solar	14
Sistemas de circulación por termosifón.....	15
Sistemas con bomba de circulación.....	20
El acumulador de agua caliente	23
¿Cuánto cuesta una instalación solar para la obtención de agua caliente?.....	21
4 - Descripción de ejemplos de instalaciones de energía solar térmica en Canarias.....	26
Ejemplo N° 1	26
Ejemplo N° 2	28
5 - Bibliografía.....	30
6 - Comentario Bibliográfico	30

CAPÍTULO III: **Energía solar fotovoltaica**

La energía solar fotovoltaica como alternativa.....	1
Aspectos técnicos de la energía solar fotovoltaica.....	4
a. Base.....	4
b. La célula solar.....	8
c. Subsistema de captación energética.....	14
d. Subsistema de acumulación.....	21
e. Subsistema de regulación.....	25
d. Subsistema de adaptación de corriente.....	27
Aspectos mediambientales.....	30
Aspectos económicos.....	33
La energía solar fotovoltaica en Canarias.....	50
a. Posibilidades de desarrollo.....	50
b. Descripción de ejemplos de instalaciones de E.S.F en Canarias.....	51
c. Proyectos llevados a cabo en los últimos años en Canarias.....	62
Empresas relacionadas con el sector de E.S.F en España.....	65
Bibliografía.....	66

Introducción a las energías

Por:

Luis Cárdenes Guerra
Francisco Fortuny Rodríguez
José Ramón Medina Cruz
Reinaldo Quirós Gómez
Manuel Serrano Caballero

SITUACIÓN DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN CANARIAS.

Hace más de una década, surgió el interés de promocionar las energías renovables y desde entonces se vienen realizando en Canarias diversas iniciativas y proyectos tendentes tanto a crear las infraestructuras necesarias que posibiliten su desarrollo como a extender su uso entre particulares.

Antes de describir la situación de las energías renovables en Canarias, resulta adecuado observar cual es el panorama a nivel europeo y a nivel nacional. En el esquema 1 aparece la estructura de las energías renovables en la Unión Europea.

En el esquema 2 aparece igualmente la participación de cada una de las tecnologías de energías renovables dentro de la aportación total que las mismas realizan como conjunto a nivel nacional.

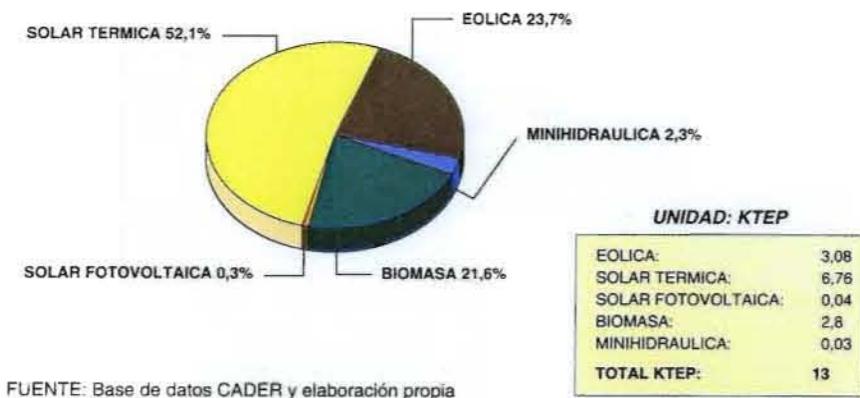
En Canarias, las energías renovables suponen una aportación de 12.980 tep/año (tep= toneladas equivalentes de petróleo) a las necesidades energéticas de las islas.

Cuantitativamente es poco significativa ya que es inferior al 1% del consumo de energía primaria, por las razones que más adelante se detallan.

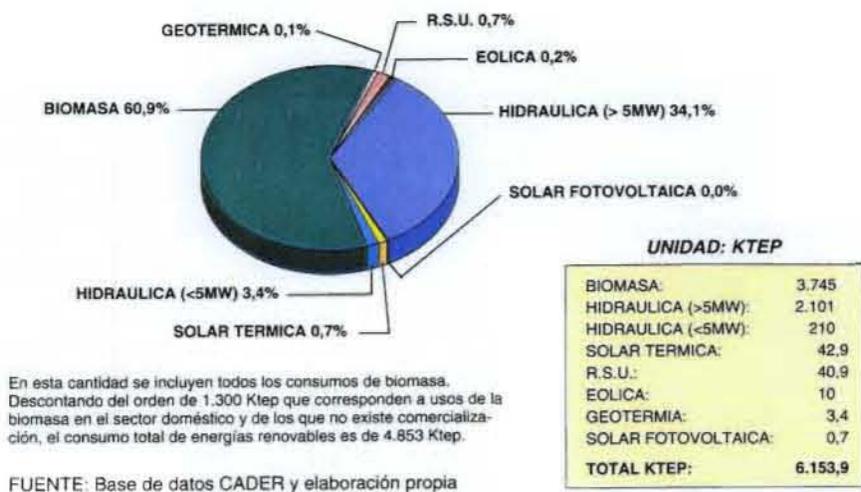
En el esquema 3 se muestra la estructura de las energías renovables en Canarias. Como puede observarse la energía solar térmica con un 52% supone la mayor aportación energética, seguida de la energía eólica con un 23,8%.

La energía solar térmica ha sido hasta el momento la principal protagonista quizá debido a que es uno de los recursos más abundantes y fácilmente aprovechables. La falta de recursos hidráulicos y de biomasa, origina una baja aportación de estas fuentes que son las energías renovables que tanto en España como, en general, en todos los países de nuestro entorno, suponen un porcentaje de aportación superior al 90% en la estructura de las energías renovables tal y como puede observarse en los esquemas 1 y 2.

Esquema 1.



Esquema 2.



En el Cuadro 1 aparecen los datos correspondientes a las áreas de producción eléctrica relativos a las islas Canarias. Como consecuencia de lo indicado anteriormente, la energía eólica es la que mayor aportación realiza.

Cuadro 1.

DATOS DE PRODUCCIÓN ELÉCTRICA CON ENERGÍAS RENOVABLES EN LAS ISLAS CANARIAS.

(AÑO 1993)

Área. Datos al 31/12/93.

EÓLICA.

Potencia (Mw)	12,8
Capacidad de Producción (Gwh/a)	35,8
Horas	2.800

SOLAR FOTOVOLTAICA.

Potencia (Mw)	0,25
Capacidad de Producción (Gwh/a)	0,47
Horas	1.888

R.S.U..

Potencia (Mw)	0
Capacidad de Producción (Gwh/a)	0
Horas	0

MINIHIDRAULICA.

Potencia (Mw)	
Capacidad de Producción (Gwh/a)	4
Horas	4 000

TOTAL

Potencia (Mw)	14,0
Capacidad Producción (Gwh/a)	40,3
Horas	2.878

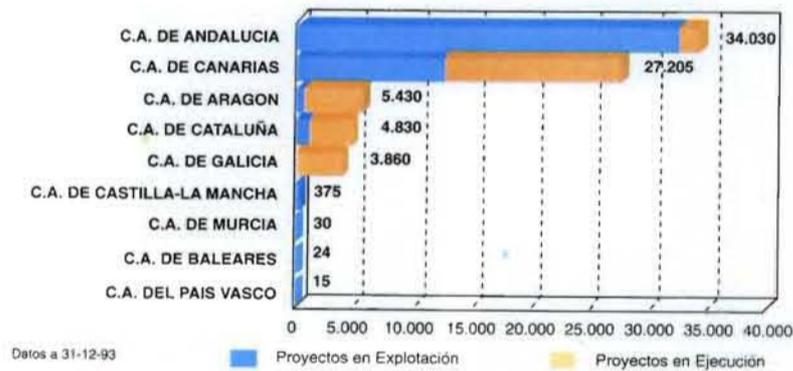
A continuación se describe mas detalladamente la situación actual de cada una de las energías renovables.

ENERGIA EÓLICA.

Canarias es la segunda Comunidad Autónoma en energía eólica después de Andalucía. La potencia eólica total instalada en el Archipiélago era a finales de 1993 de 12.880 kW con un nivel de generación de energía eléctrica media estimada de 35,8 Gwh/año. Existen además una serie de proyectos en ejecución que totalizan 14.320 kW de potencia instalada que serán puestos en marcha en 1994.

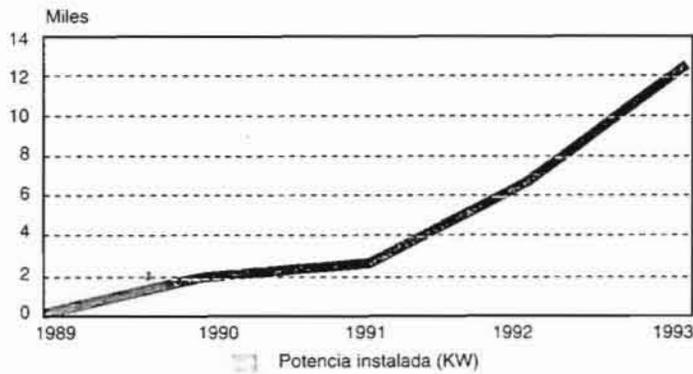
En el esquema 4 aparece para las diferentes Comunidades Autónomas cual es la potencia en explotación y en ejecución a finales de 1993.

Esquema 4.



Las actividades de aprovechamiento de la energía eólica en las islas Canarias se iniciaron en el año 84 con la instalación de un aerogenerador en Los Moriscos (Gran Canaria). Posteriormente en el año 86 se instaló el Parque Eólico de Granadilla. En el esquema 5 aparece cual ha sido la evolución a partir del año 89 hasta alcanzar la potencia instalada indicada anteriormente.

Esquema 5.



En el Cuadro 2 aparece la potencia en explotación y ejecución para cada una de las islas al final de 1993.

Cuadro 2.

POTENCIA EN EXPLOTACIÓN Y EN EJECUCIÓN POR ISLAS (1993).

ISLAS	POTENCIA INSTALADA (MW)	POTENCIA INSTALADA EN EJECUCION (MW)	TOTAL
FUERTEVENTURA	1,35	10,26	11,61
LANZAROTE	6,40	—	6,4
GRAN CANARIA	3,22	1,26	4,48
TENERIFE	1,76	1	2,76
EL HIERRO	0,1	0,18	0,28
LA PALMA	—	1,26	1,26
LA GOMERA	—	0,36	0,36
TOTAL	12,83	14,32	27,2

Las instalaciones eólicas que se encuentran actualmente en explotación son en general de poco tamaño y tienen un funcionamiento muy distinto, consiguiéndose en

algunas de ellas las mejores producciones eléctricas de todo el territorio nacional. En los últimos meses se están realizando instalaciones de mayor tamaño que permitirán observar el comportamiento industrial, a gran escala, de la generación eléctrica de origen eólico en Canarias.

La isla de Gran Canaria cuenta actualmente con una potencia eólica instalada de 4,48 MW y proyectos en cartera o en fase de negociación que totalizan aproximadamente otros 45 MW.

La mayor concentración de aerogeneradores instalados se encuentra en la vertiente sur-este de la isla. Concretamente existen instalaciones en Arinaga, Los Moriscos, Juan Grande, Aguatona, Pozo Izquierdo y el Barranco de Tirajana.

La isla de Tenerife cuenta con una potencia eólica instalada de 1,76 MW, 1 MW en ejecución, y proyectos en cartera o en fase de negociación que totalizan aproximadamente otros 10 MW.

En esta isla las instalaciones eólicas se vienen concentrando en una única zona de la isla, el Polígono Industrial de Granadilla.

La isla de La Palma sólo cuenta por ahora con una instalación eólica de 1.260 kW en Garafía que tiene 7 aerogeneradores de 180 kW.

La isla de Lanzarote cuenta con una potencia eólica instalada de 6,4 MW y con 3 nuevos proyectos en cartera o en fase de negociación que totalizan otros 2 MW de potencia. Las instalaciones en explotación son el Parque Eólico de Montaña Mina y el Parque Eólico de Los Valles.

La isla de Fuerteventura cuenta con una potencia eólica conectada a red eléctrica de más de 11 MW; un parque de 1.125 kW y el recientemente instalado Parque Eólico

Cañada del Rio de 10.260 kW. Adicionalmente existe una instalación eólico-diesel aislada de 225 kW.

La isla de El Hierro cuenta con una instalación eólica situada en Valverde, en una loma despejada (Montaña de San Juan) y formada inicialmente por un aerogenerador de 100 kW Posteriormente ha sido instalado un aeroaenerador de 180 kW.

En la Gomera no existe ninguna instalación en explotación, pero está en ejecución el proyecto de instalación de 2 aerogenerados de 180 kW en La Gallarda.

SOLAR TÉRMICA

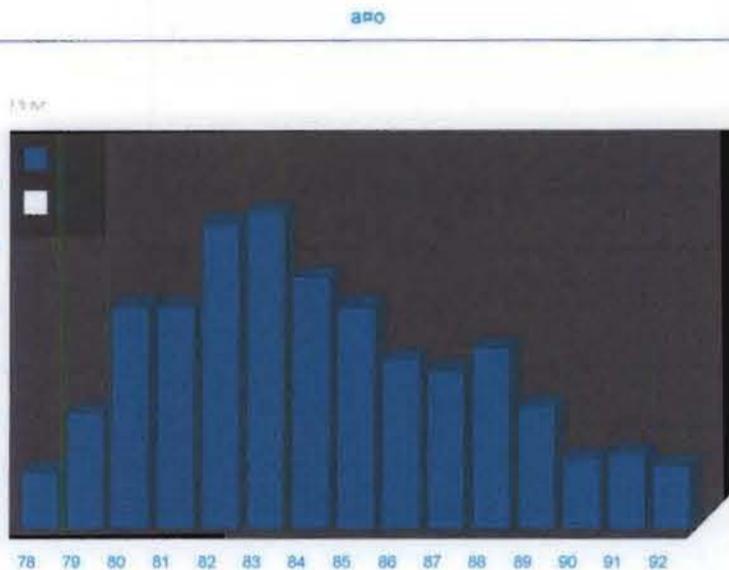
La energía solar de baja temperatura tiene una gran implantación en Canarias. Existe un gran número de instalaciones que conjuntamente significan el mayor aporte energético con energías renovables. En la figura aparece la superficie instalada en cada una de las Comunidades Autónomas al finalizar el año 1993.

En Canarias existen dos fábricas de colectores solares, ambas situadas en la isla de Tenerife y que trabajan con tecnología propia.

El desarrollo de la energía solar térmica en Canarias ha seguido una evolución similar a la nacional en cuanto a la superficie instalada anualmente, características y estructura del mercado y problemática.

El 31 de Diciembre de 1993, había instalados en Canarias 47639 m² de colectores solares, lo cual significa un 15,7% del total nacional, siendo la tercera Comunidad Autónoma por superficie instalada, después de Andalucía y las Islas Baleares.

Una gran parte de esta superficie fue instalada a mediados de los años ochenta, época en la que la energía solar en España conoció su máximo crecimiento. La evolución de la superficie instalada anualmente es la que se muestra en la siguiente figura.

Superficie instalada por años (m²)

Como puede observarse, pese a la existencia de apoyo público, el mercado ha ido disminuyendo anualmente. Desde el año 1988 la superficie instalada anualmente ha ido decreciendo continuamente, pasando de 4700 m² del año 1983 a aproximadamente 1200 m² en el año 1993.

Pese a esta disminución del mercado, que por otra parte también se ha producido en el resto de España, en Canarias se dan las condiciones necesarias para que mediante la puesta en práctica de un conjunto coherente de acciones de promoción sea posible conseguir un incremento muy notable respecto al volumen de mercado actual.

La distribución de la superficie instalada por islas es la siguiente:

Hierro: 350 m²

La Palma: 1930 m²

La Gomera: 927 m²
Tenerife: 24469 m²
Gran Canaria: 16200 m²
Fuerteventura: 1600 m²
Lanzarote: 2163 m²

En esta superficie instalada predominan las instalaciones de pequeño tamaño correspondiendo al menos un 40% a termosifones. El mercado actual está compuesto principalmente por el sector turístico y el sector doméstico.

En cuanto a las medidas de promoción y apoyo al sector, desde el año 1981 ha existido subvenciones al sector tanto de la Administración Autónoma como de la Administración Central.

Las instalaciones subvencionadas totalizan una superficie equivalente en ambas provincias.

SOLAR FOTOVOLTAICA

En la figura aparece la distribución de potencia instalada con energía solar fotovoltaica a finales de 1993.

El desarrollo de la energía solar fotovoltaica en Canarias comenzó un poco posterior al desarrollo en el resto de España, ya que mientras que las primeras instalaciones puestas en marcha en la península y Baleares se remontan a los años 1984-85, en Canarias las primeras instalaciones de las que se tienen datos se pusieron en marcha en el año 1988. Las principales aplicaciones han sido de electrificación rural y el alumbrado público en zonas alejadas de las redes de distribución pública.

El 31 de diciembre de 1993, había instalados 249 kW, lo cual significa el 5% de la potencia instalada en España.

La mayor parte de esta potencia fue instalada durante los años 1990, 1991 y 1992 gracias al impulso de las subvenciones del Gobierno Canario y al programa Valoren (Programa de la Comunidad Europea con fondos del FEDER, ya finalizado).

Durante estos años, la evolución del mercado ha sido creciente, y las perspectivas futuras para el desarrollo del sector son optimistas.

Con los datos disponibles no se puede realizar una distribución por islas de la potencia instalada, ya que se cuenta con información detallada de las instalaciones subvencionadas pero sólo con información global proveniente de fabricantes e instaladores del resto de instalaciones realizadas pero no subvencionadas.

La distribución por islas de las instalaciones que han recibido subvenciones es la siguiente:

Hierro: 5,7 Kwp

La Palma: 22,4 Kwp

La Gomera: 11,2 Kwp

Tenerife: 16,0 Kwp

Gran Canaria: 16,2 Kwp

Fuerteventura: 6,4 Kwp

Lanzarote: 31,3 Kwp

Como puede observarse las islas de Lanzarote y La Palma son las que tienen mayor potencia instalada.

Es un mercado actualmente muy activo, cada vez se cuenta con más productos que permiten implementar con mayores posibilidades las aplicaciones.

No obstante los costes son muy elevados por lo que sigue siendo un sector fuertemente dependiente de las ayudas e inversiones públicas.

MINIHIDRÁULICA



El potencial hidrológico de cada isla es muy diferente, como igualmente lo es, a nivel histórico, la propiedad de las aguas.

Una característica típica de las pocas instalaciones existentes y asimismo de los posibles futuros aprovechamientos es que disponen de saltos importantes pero de muy poco caudal. Otro aspecto que puede observarse, según los datos disponibles tanto en las instalaciones ejecutadas como en las que están pendientes de ejecución, es la gran cantidad de horas de operación; es decir se trata de instalaciones con una gran estabilidad en su funcionamiento y en su producción.

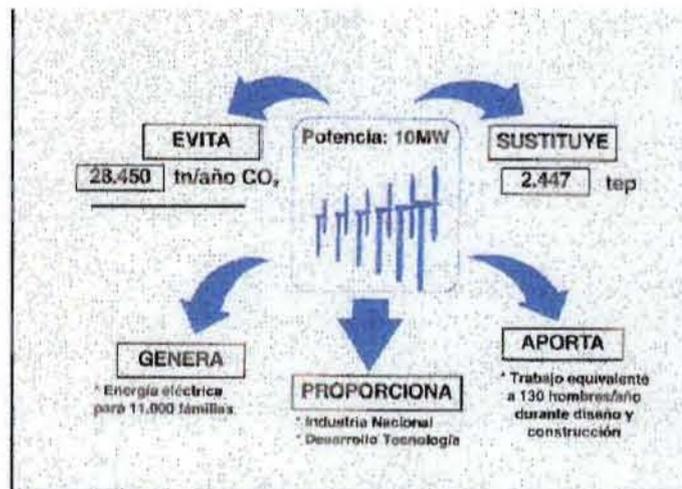
La isla de Tenerife es la que cuenta con un número mayor de aprovechamientos hidroeléctricos. Actualmente existen 3 instalaciones que totalizan 196 kW instalados con una producción eléctrica total de 1660 MWh/año.

En la isla de La Palma hasta ahora sólo existe la Central Hidroeléctrica El Mulato, con una potencia instalada de 800 kW.

Se está planteando actualmente la conveniencia de aprovechar el cauce alto de El Mulato con otro salto denominado Salto del Monte que instalaría 600 kW. Además se están realizando los estudios necesarios para ver la posibilidad de rentabilizar otro aprovechamiento en la Laguna de Barlovento que contaría con una potencia de 422 kW y una producción estimada en 1,92 GWh/a.

En la isla de la Gomera, actualmente no existe ninguna minicentral, si bien hace años existieron dos; una antigua central hidráulica existente en río El Chorro desde dónde se generaba la energía eléctrica consumida en la población de Hermigua. Actualmente el agua es acumulada en un embalse. La segunda aplicación está cerca a la población de Agulo y sirvió para activar un antiguo molino de gofio. Actualmente se embalsa y es canalizada hacia cultivos. En el resto de las islas no existen aprovechamientos, puesto que las características hidrológicas de las mismas lo hacen difícil.

En general puede señalarse que las posibilidades hidroeléctricas Canarias son muy limitadas y se concentran sólo en algunas islas y en localizaciones muy singulares, normalmente en canales de abastecimiento y/o distribución y en tuberías de conducción.



ENERGÍA SOLAR TÉRMICA

Al igual que el resto de las energías renovables, las aplicaciones térmicas de la energía solar, presentan muchos beneficios medioambientales comunes a los que anteriormente se han descrito para el caso de la eólica (evita la contaminación atmosférica, nula o escasa repercusión sobre el suelo, el agua, la vegetación, etc.).

La utilización de la energía solar térmica en muchas ocasiones va asociada al entorno urbano, en el cual se presentan problemas medioambientales de diferentes tipos y entre los que destaca la contaminación atmosférica producida por vehículos, instalaciones térmicas domésticas, etc. Por tanto, la aplicación de esta tecnología tiene como consecuencia el disminuir sensiblemente las emisiones gaseosas originadas por los sistemas de generación de agua caliente, precisamente en aquellas localizaciones en que este problema resulta más acusado.

La integración de los paneles solares térmicos de forma armoniosa con la edificación puede paliar o enmascarar el posible efecto visual negativo.

Adicionalmente la aplicación de energía solar térmica en sectores como el hotelero puede ser un aspecto de interés fuera del campo estrictamente energético ya que proporciona una imagen de respeto con el medio ambiente, cuidado del entorno y calidad de vida. Estas consideraciones adquieren especial relevancia para el caso de hoteles y apartamentos de Canarias, pudiendo realizar una pequeña contribución a crear un determinado tipo de oferta turística.



ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

Al igual que el entorno urbano es el medio de desarrollo de la energía solar térmica, en el caso de la fotovoltaica las aplicaciones suelen tener lugar para cubrir pequeños consumos en el ámbito rural. Esta tecnología aporta soluciones eficaces principalmente en puntos distanciados de la red de distribución eléctrica, constituyendo en muchas ocasiones la mejor opción en términos económicos, de operatividad, de fiabilidad de suministro y medioambiental.

Estas consideraciones tienen especial relevancia para valorar los efectos medioambientales de la energía solar fotovoltaica. Además de otras características comunes con el resto de las energías renovables, la solar fotovoltaica reúne las mejores condiciones medioambientales para cubrir las necesidades energéticas en los lugares donde se intenta preservar al máximo las condiciones del entorno, como por ejemplo en los espacios protegidos, ya que se evitan alteraciones como las ocasionadas por ejemplo por los tendidos eléctricos.

Los requerimientos de suelo necesario para las instalaciones fotovoltaicas con una dimensión pequeña o media no son tan elevados como para considerarlo en principio como una repercusión negativa. Este suelo generalmente contaría con escasas aplicaciones para un uso alternativo. Por otra parte la posibilidad de integrar los paneles en tejados, fachadas, etc. minimiza este efecto.

Energía solar fotovoltaica



INCINERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

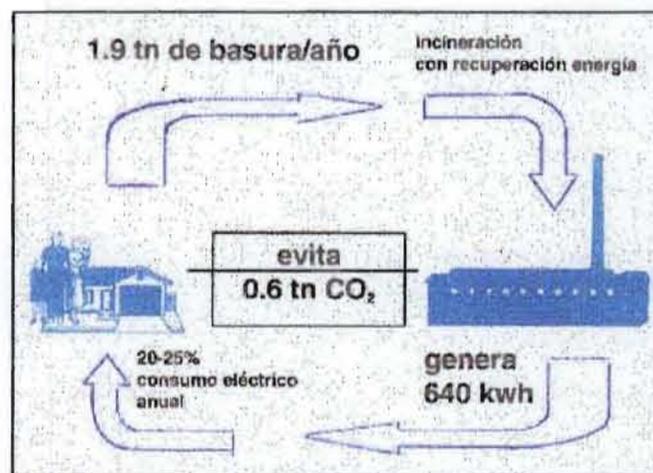
Valorar los efectos medioambientales de una planta de incineración de residuos sólidos urbanos significa necesariamente realizar un análisis comparativo de las repercusiones que se presentan en cada una de las alternativas de eliminación o valorización de los mismos. A continuación se realiza una breve descripción de estos aspectos para los diferentes procedimientos:

- Vertido controlado: desde el punto de vista medioambiental presenta los siguientes puntos débiles.
 - Demanda de grandes superficies de terreno
 - Capacidad limitada en el tiempo, lo que obliga a la búsqueda de nuevas ubicaciones.
 - Riesgos asociados a la migración de gases producidos por la fermentación de los residuos enterrados.
 - Rechazo de la población localizada en las cercanías de los vertederos debido a las molestias, suciedad, etc.

- Compostaje: separar la materia orgánica de la basura para, mediante un proceso de fermentación aerobia, fabricar compost apto para su uso agrícola presenta las siguientes peculiaridades medioambientales.
 - Subsiste el problema de disposición final del aproximadamente 55% de la basura que no se incorpora al proceso de compostaje.
 - La realización de un buen proceso de compostaje es cara y en muchas ocasiones no se puede cubrir con su venta. La realización del compostaje en malas condiciones convierte al proceso en un foco puntual de impacto ambiental negativo de alta intensidad.

- **Reciclado:** la reutilización de materias primas incorporándolas de nuevo al proceso productivo es desde un planteamiento teórico el procedimiento más adecuado. Sin embargo presenta fuertes limitaciones de viabilidad práctica tanto si se trata de un proceso de reciclado en origen como si se trata de un proceso de reciclado en planta.
 - En el primer caso (reciclado en origen) es necesario iniciar un intenso proceso de toma de conciencia de todos los ciudadanos ante el problema de la basura y resolver los inconvenientes que se plantean en la recogida por la complicación de medios materiales y servicios. En cualquier caso siempre existirán materiales imposibles de reciclar de forma directa.
 - En el segundo caso (reciclado en planta y generalmente asociado a la producción de compost) la capacidad para separar los componentes es muy pequeña.
- **Incineración:** es un procedimiento de valorización de los R.S.U. que se caracteriza por eliminarlos de forma fiable y rápida y que resulta apropiado para zonas densamente pobladas y con dificultades para encontrar superficies amplias aptas para el vertido. Los efectos medioambientales por emisiones gaseosas, efluentes líquidos o residuos sólidos en una planta convenientemente dotada según la tecnología disponible son prácticamente nulos.

Incineración de residuos sólidos urbanos



ENERGÍA DE LA BIOMASA

El aprovechamiento energético de los residuos originados en los tratamientos selvícolas constituye un incentivo para que éstos se lleven a cabo. Son muchos los beneficios que reportan dichos tratamientos pero sobre todo, la no realización de estos tratamientos selvícolas de forma completa, incluyendo la retirada de residuos, favorece enormemente la propagación de incendios forestales.

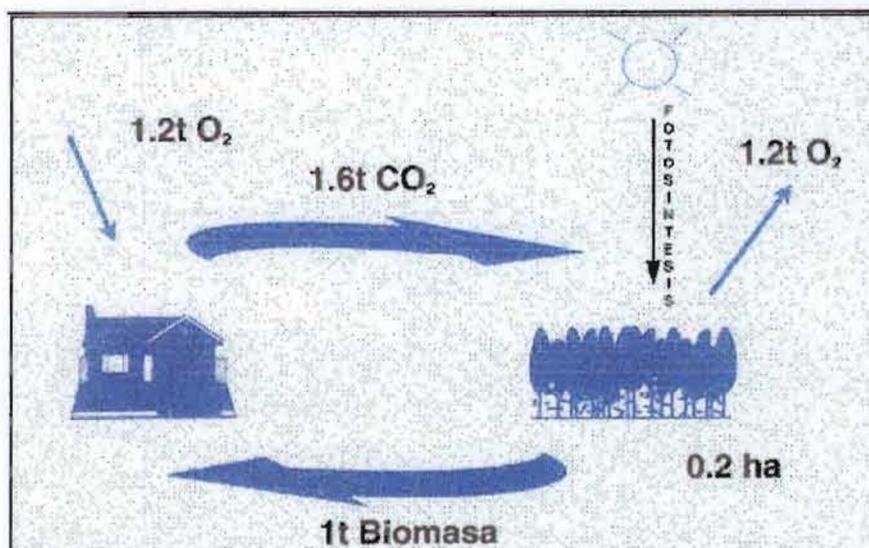
En el caso de los residuos agrícolas, (leñosos o herbáceos) la operación generadora de los mismos y su eliminación posterior es un imperativo del propio cultivo.

Igualmente ocurre con los residuos de las industrias derivadas de la transformación de productos agrícolas o forestales en las que por las características del propio proceso de elaboración, hay una fracción de la materia prima que no se llega a incorporar al producto elaborado y debe eliminarse.

Respecto a los residuos biodegradables hay que tener en consideración que la digestión anaeróbica es en primer lugar un procedimiento de depuración de residuos orgánicos; es decir, la componente medioambiental es más importante que la energética.

La implantación de los cultivos energéticos para la obtención de biocombustibles, en determinadas áreas afectadas por problemas de mercado de cultivos alimentarios tradicionales, aparece como una alternativa beneficiosa, y adecuada desde el punto de vista medioambiental.

Energía de la biomasa

**RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS (R.S.U.)**

Una adecuada gestión de los R.S.U. va encaminada no solo a eliminarlos del entorno de la actividad humana, sino a intentar su valorización recuperando las materias primas o la energía en ellos contenida. Los sistemas de tratamiento de los R.S.U. son:

- El vertido controlado, que básicamente consiste en depositarlos, compactarlos y cubrirlos en zonas destinadas a este fin.
- El reciclado, en el que se recogen de forma diferenciada o se separan de los R.S.U. los elementos que pueden ser reutilizados o aprovechados de nuevo como materias primas.
- El compostaje, en el que se aprovecha la materia orgánica presente en los R.S.U. para fabricar abonos para la agricultura.
- La incineración, que es el aprovechamiento de los R.S.U. como combustible, pudiéndose aprovechar el calor generado directamente para usos térmicos o para la producción de electricidad

La incineración es un procedimiento de valorización de los R.S.U. que se caracteriza por eliminarlos de forma fiable y rápida, con un nivel de impacto sobre el medio ambiente prácticamente nulo con los equipos de depuración de humos adecuados y que resulta apropiado para zonas densamente pobladas y con dificultades para encontrar superficies amplias de terreno aptas para el vertido. Su carácter respetuoso con el medio ambiente posibilita la localización de incineradoras de R.S.U., incluso dentro del núcleo urbano, de lo cual existen diversos ejemplos, y entre ellos en ciudades como París o Mónaco.

Actualmente no existe en la Comunidad de Canarias ninguna planta de incineración de residuos sólidos urbanos (R.S.U.) con recuperación de energía.

Las peculiaridades de cada isla han obligado a establecer, a los responsables del tratamiento de los R.S.U., diferentes formas de resolver el problema debido fundamentalmente a los niveles de generación en cada isla y a las diferencias viarias y de distancia hasta los centros de tratamiento. Actualmente se ha mejorado la recogida de basuras y en algún caso el tratamiento de compostaje, así como la recogida parcial selectiva de vidrio.

Cada isla dispone actualmente de un sistema de tratamiento de los residuos sólidos urbanos según se comenta a continuación:

Gran Canaria ha dividido sus basuras llevando la mayor parte a vertederos y fabricando compost con el resto. Actualmente los vertederos tienen problemas de capacidad.

Tenerife dispone de un gran vertedero, con larga vida útil, alimentado en unos casos desde los propios municipios y en otros a través de centros de transferencia.

La Palma es la única isla que incinera sus basuras, pero sin recuperación de energía.

Lanzarote resuelve el problema con el envío de todas sus basuras a vertedero contando con un gran número de ellos de muy pequeña capacidad.

Fuerteventura envía las basuras a un único vertedero, una parte directamente desde las poblaciones y el resto a través de centros de transformación.

La Gomera envía todas sus basuras a distintos vertederos.

El Hierro dispone de muy poca cantidad de basura que es eliminada en un único vertedero, situado en una zona alejada y deshabitada.

En general, en todas las islas los Cabildos insulares tienen competencia en la totalidad de las basuras, pero la gestión de recogida y tratamiento o envío a vertedero es responsabilidad de los Ayuntamientos.

El volumen de R.S.U. generado es actualmente de 778.083 Tn/a. Las dos islas principales (Gran Canaria y Tenerife) concentran más del 80% de las basuras totales generadas, por lo que en ambas se podrían incinerar con recuperación de energía.

BIOMASA

Actualmente se encuentra protegido según diferentes figuras casi el 42% de la superficie de las islas incluyendo tres tipos de áreas: Parques Naturales, Parajes protegidos de Interés Nacional y Parques Nacionales. Los últimos son gestionados por la Administración Central a través del ICONA, mientras que para las restantes, la gestión corresponde a la Administración Autónoma.

En cuanto a la distribución general de la tierra según utilización, los datos aparecen en el cuadro.

USOS DE LA SUPERFICIE DE LAS ISLAS CANARIAS

	Superficie (Has.)	%
Tierras de cultivo	141.795	19,0
Prados y pastizales	38.136	5,1

Terreno forestal	101.027	13,5
Otras superficies	467.065	62,4
TOTAL	748.023	100

El consumo de la Biomasa en las islas Canarias actualmente es muy reducido. Se ha estimado que anualmente suponen 2.822 Tep con el siguiente reparto sectorial:

Restaurantes: Consumen biomasa para la preparación de alimentos, siendo utilizados leñas y carbón vegetal. El consumo total se estima en 1.677 Tep/año.

- **Avícola:** Fundamentalmente en granjas de engorde de pollos. Suponen aproximadamente 1.070 Tep.
- **Industrial:** Cuyo mayor consumidor son bodegas y preparación de alcoholes. El consumo en este sector se estima en 75 Tep.

En conclusión, en términos relativos y comparando con el consumo existente en otras Comunidades Autónomas o con otros países de la Comunidad Europea, se puede decir que el consumo de biomasa en Canarias actualmente es irrelevante.

GEOTÉRMICA

Las islas Canarias, por su origen volcánico, podrán ser susceptibles de aprovechamiento de los recursos geotérmicos. En este sentido se han realizado diversos estudios y la situación actual de la energía geotérmica en las Islas Canarias se puede resumir en dos aspectos:

a) El aprovechamiento de los recursos geotérmicos se limita a las instalaciones de demostración que el Cabildo Insular de Lanzarote mantiene sobre la anomalía térmica del Islote de Hilario, con una finalidad más turística que de aprovechamiento energético.

b) En los últimos años se ha mantenido una importante actividad investigadora gracias a la realización de dos proyectos sobre los recursos de las islas de Lanzarote y Tenerife. En la financiación de estos proyectos ha participado el Gobierno Canario.

Las conclusiones en una primera aproximación parecen indicar que en Lanzarote se podrían instalar sistemas de pequeña potencia con fines demostrativos basados en la conversión directa y una planta energética de una potencia eléctrica aproximada de 200 KW.

En Tenerife sería necesario realizar un estudio técnico que partiendo de las conclusiones del proyecto de investigación que acaba de concluirse, diseñase el sistema de aprovechamiento más idóneo. No obstante, en una primera aproximación se trata de recursos más importantes energéticamente y podrían llegar a poder instalarse 15 MW eléctricos.

ASPECTOS MEDIOAMBIENTALES

La denominación de "energías renovables" indica una de las principales características común a este conjunto de recursos que constituye una clara ventaja desde el punto de vista medioambiental: poder cubrir necesidades energéticas sin tener que utilizar recursos naturales agotables.

El potencial de recursos explotables es además suficiente como para satisfacer una parte notable de las necesidades energéticas, pudiéndose ampliar conforme se vayan superando las limitaciones técnicas y las barreras económicas o de otro tipo que limitan su grado de aprovechamiento actual.

Algunos de los efectos positivos comunes al conjunto de las energías renovables son los siguientes:

Las energías renovables presentan un reducido impacto ambiental respecto a las tecnologías que emplean combustibles fósiles. La principal consecuencia medioambiental es, por tanto, el efecto positivo producido por esta sustitución.

Las energías renovables constituyen recursos sostenibles, con entre otras las siguientes ventajas:

- * No emiten CO₂, a la atmósfera y por tanto evitan el proceso de calentamiento terrestre como consecuencia del efecto invernadero.
- * No contribuyen a la formación de lluvia ácida.
- * No dan lugar a la formación de NO_x.
- * No requieren sofisticadas medidas de seguridad.
- * No producen residuos tóxicos de difícil o imposible tratamiento o eliminación.

Los posibles impactos generados por las energías renovables son de menor dimensión y de carácter local; por tanto su vigilancia o corrección resulta menos gravosa.

En muchas ocasiones, la utilización de energías renovables tiene lugar en el entorno urbano y por tanto los efectos derivados de evitar la contaminación atmosférica adquieren especial relevancia.

Los impactos originados por las energías renovables no tienen un carácter permanente ya que no se prolongan más allá de la utilización de la fuente energética y la reversibilidad de los impactos causados es total para la mayoría de los casos.

A continuación se señalan algunas de las características medioambientales de cada una de las tecnologías de energías renovables.

ENERGÍA EÓLICA

Generar energía eléctrica directamente sin que exista un proceso de combustión o una etapa de transformación térmica supone desde el punto de vista medioambiental un procedimiento muy favorable por ser limpio, exento de problemas de contaminación etc.

En primer lugar, la utilización de la energía procedente del viento evita el empleo de combustibles fósiles y por lo tanto suprime radicalmente los impactos originados por ellos durante su extracción, transformación, transporte y combustión, lo que incide beneficiosamente en la atmósfera, el suelo, el agua, la fauna, la vegetación, etc...

Desde el punto de vista de las emisiones a la atmósfera durante la fase de combustión en las centrales térmicas, la utilización de la energía eólica elimina problemas de contaminación tan importantes como la emisión de partículas sólidas en suspensión, de SO₂ y de NO_x que a su vez tienen efectos tales como la lluvia ácida.

Adicionalmente, la utilización de la energía eólica como sustituto del petróleo o del gas natural, supone una mejora medioambiental, ya que globalmente se evita un incremento de dióxido de carbono, que es el principal causante del efecto invernadero que a su vez está produciendo el calentamiento de la atmósfera.

La utilización de la energía eólica para la generación de electricidad presenta nula incidencia sobre las características fisicoquímicas del suelo o su erosionabilidad, ya que no se produce ningún tipo de contaminante que incida sobre este medio, ni tampoco vertidos o grandes movimientos de tierras.

Al contrario de lo que puede ocurrir con las energías convencionales, la energía eólica no produce ningún tipo de alteración sobre los acuíferos ni por consumo, ni por contaminación por residuos o vertidos.

Además de las repercusiones señaladas sobre el medio físico, en la figura 4.1. se muestra de forma cuantificada los efectos energéticos y medioambientales de la energía eólica.

Las posibles alteraciones que un proyecto de aprovechamiento de la energía eólica puedan suponer, en cualquier caso van a depender del emplazamiento elegido, presentando repercusiones de carácter fundamentalmente local.

Igualmente desde el punto de vista de la aplicación, la biomasa presenta ventajas respecto a los combustibles fósiles, fundamentalmente respecto a las emisiones gaseosas.

En relación a las emisiones de dióxido de carbono, el comportamiento de la biomasa es favorable. La radiación solar produce biomasa gracias a la fotosíntesis de las plantas, para lo cual absorben una cantidad de CO₂ que es la misma que globalmente se evita el incremento de CO₂ causante del efecto invernadero.

ENERGÍA MINIHIDRAULICA.

En aquellos casos en los que no son necesarias obras adicionales de construcción de tuberías, canales, etc. puesto que se están utilizando energéticamente infraestructuras existentes, el impacto ambiental por el concepto energético prácticamente es inexistente. Estos son los casos de aprovechamientos energéticos de pies de presas o sistemas de conducciones. En otros casos, dependiendo de la existencia o no y de las dimensiones del azud, podrán producirse efectos sobre el medio ambiente.

Por otro lado, la producción de energía eléctrica aprovechando los recursos hidráulicos evita todos los efectos derivados de la utilización de combustibles convencionales.



ENERGÍA GEOTÉRMICA.

La realización de estudios de impacto ambiental adecuados, así como las propias características de los proyectos de aprovechamiento geotérmico, hacen que las posibles alteraciones sobre el medio natural sean en la mayoría de los casos casi inexistentes.

5. MARCO DE DESARROLLO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN CANARIAS.

El desarrollo de las energías renovables es impulsado por distintos planes y programas a nivel de la Unión Europea, nacional y regional.

A nivel europeo el programa más relevante actualmente es el ALTENER, aprobado por Decisión del Consejo el 13 de Septiembre de 1993 y de aplicación durante el periodo 1993-1997.

Mediante este programa la Comunidad presta su apoyo a una serie de acciones específicas en favor de una mayor penetración de las energías renovables, ya que considera que el desarrollo de las energías renovables puede contribuir a reducir de

manera considerable las emisiones contaminantes debidas al consumo de combustibles fósiles, y especialmente supone una amplia cooperación internacional para lograr resultados significativos.

El objetivo general del programa es conseguir una reducción de 180 millones de toneladas en las emisiones de dióxido de carbono para el año 2005 de la siguiente manera:

- a) Aumentar la contribución de las energías renovables a la cobertura de la demanda total de energía del 4 % aproximadamente en el 1991 al 8 % en el año 2005. En consecuencia se deberá pasar de 43 MTep en 1991a 109 Mtep en el año 2005.
- b) Triplicar la producción eléctrica a partir de las energías renovables (excluidas las grandes centrales hidroeléctricas).
- c) Sustituir por biocarburantes el 5 % del consumo total de los vehículos a motor.

El alcance de estos objetivos constituyen un indicativo de la determinación con la cual se quiere impulsar la aplicación de las energías renovables por parte de la Unión Europea.

Con el fin de conseguir este objetivo, el propio programa ALTENER concede ayudas financieras según directrices que se establecen de forma anual. Las acciones que pueden acogerse al programa van encaminadas a la creación de estructuras que propicien un mayor uso de las energías renovables, tales como estudios y evaluaciones técnicas, acciones piloto (planes locales, garantía de resultados solares, etc), actividades de formación,....

A través de este programa, se está financiando parcialmente la reducción del Plan de Energías Renovables de Canarias, que actualmente se encuentra en fase de definición.

Adicionalmente, además del ALTENER, se vienen desarrollando otros programas paralelos a la promoción de las energías renovables. Dentro del conjunto de medidas de

tipo tecnológico se han puesto en práctica el programa Joule, orientado a I+D, y el programa Thermie, orientado a demostración y difusión. Actualmente, dando continuidad a este tipo de actuaciones se encuentra en fase de preparación el 4º Programa Marco cuyo horizonte será 1994-1998. Como puente para estas actividades se va a desarrollar el APAS 94. Además se realizan una serie de acciones no tecnológicas tales como estudios, difusión e intercambio de experiencias e información, preparación de especificaciones, propuestas de medidas fiscales...

A nivel nacional, las directrices de la política energética vienen determinadas por el Plan Energético Nacional (PEN) actualmente en vigor, que fue aprobado por la Administración Española en el año 1991.

El Plan Energético Nacional incluye el Plan de Ahorro y Eficiencia Energética 1991-2000 (P. A. E. E.), que define la estrategia para el uso eficaz de la energía y la utilización de las energías renovables. Dentro del PAEE existe el Programa de Energías Renovables.

El objetivo de este programa es incrementar la producción con energías renovables en 1.100.039 Tep/año en términos de energía primaria.

Los objetivos energéticos se dividen en dos tipos: oferta para usos térmicos finales y oferta de producción eléctrica.

Respecto a los usos térmicos finales se prevé un aumento de 499.000 Tep con biomasa, energía solar térmica y geotermia para sustituir combustibles fósiles (fuelóleos, carbón, coque verde), tal como se muestra en el cuadro.

APORTACION TÉRMICA DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN USOS FINALES

	Acumulado 31/12/90 kTep	Previsto 1991-2000 kTep	Acumulado 2000 kTep
Biomasa	2.378	427	2.805
Solar Térmica	41	62	103
Geotérmica	3	10	13
Total	2.422	499	2.921

En cuanto a la producción eléctrica se prevé un incremento en la potencia instalada de 1.188 Mw con una producción de 4.179 Gwh/año con la distribución del cuadro.

**OBJETIVOS DE PRODUCCION DE ENERGIA ELÉCTRICA CON
ENERGIAS RENOVABLES**

		Acumulado 31/12/90	Objetivos P.A.E.E.	Acumulado 2000
Minihidráulica	Potencia (Mw)	457,84	779	1.236,84
	Producción (GWh/año)	1.378,66	2.474	3.652,66
R.S.U.	Potencia (Mw)	27	239	266
	Producción (GWh/año)	156	1.297,5	1.454,5
Eólica	Potencia (Mw)	7,2	168	175,2
	Producción (GWh/año)	18	403	421
S. Fotovoltaica	Potencia (Mw)	3,16	2,5	5,66
	Producción (GWh/año)	6,32	4,5	10,82
Total	Potencia (Mw)	495,2	1.188,5	1.683,7
	Producción (GWh/año)	1.559	4.179	5.738

En Canarias, el marco de desarrollo lo define el Plan Energético de Canarias (PECAN 89), aprobado por el Parlamento de Canarias en 1990, cuyos objetivos generales pueden sintetizarse en:

- Garantizar el abastecimiento energético.
- Reducir el grado de vulnerabilidad de los abastecimientos, mediante la diversificación de las fuentes.
- Fomentar la utilización racional de la energía.
- Reducir la dependencia energética del exterior, potenciando en lo posible la utilización de nuevas energías.
- Minimizar los costes de la energía.
- Contribuir a la conservación y protección del medio ambiente.
- Asegurar una oferta de energía estable y segura.

En este marco, se han acometido por parte del Gobierno de Canarias diversas actuaciones tendentes a fomentar la implantación en las Islas de las energías renovables a

través tanto de apoyos institucionales, como de asesoramiento y colaboración con los distintos agentes interesados a la hora de acceder a otras ayudas estatales o comunitarias.

Para las Islas Canarias una estimación orientativa del incremento que podría alcanzarse hasta el año 2000 con las distintas tecnologías se muestra en el cuadro siguiente.

ENERGIAS RENOVABLES EN CANARIAS. PERSPECTIVAS AL AÑO 2.000

Sector energético	Situación año 1993		Incremento estimado		Situación año 2.000	
	kTep	%	kTep	%	kTep	%
Eólica	3,08	23,8	31,3	29,6	34,4	29,0
Solar térmica	6,76	52,0	5,11	4,8	11,87	10,0
Solar fotovoltaica	0,04	0,3	0,08	0,1	0,12	0,1
R.S.U.	—	—	68,4	64,7	68,4	57,6
Biomasa	2,8	21,5	—	—	2,8	2,3
Minihidráulica	0,3	2,4	0,8	0,8	1,2	1,0
Total	13,0	100	105,7	100	118,7	100

Dicha estimación está basada en datos del potencial teórico y accesible que actualmente existe en Canarias y su materialización territorial y temporal es coherente con los criterios y objetivos básicos definidos por la planificación energética nacional.

Este incremento, cuantificado en términos de energía primaria, podría significar multiplicar por 9 la actual aportación de las energías renovables en Canarias. Suponiendo que el consumo se mantuviera en el año 2000 en los mismos niveles que en el año 1990, las energías renovables, según esta estimación podría aportar el 3,6 % del consumo total de energía primaria en las islas Canarias.

En relación al año 2005, se estima que el aporte de las energías renovables podría alcanzar 200.000 Tep/año.

Las energías eólica, solar térmica y la incineración de residuos con recuperación de energía son los sectores que pueden aportar un mayor incremento energético en Canarias.

Los recursos eólicos canarios son muy importantes, y para su explotación se cuenta con una tecnología suficientemente madura y fiable.

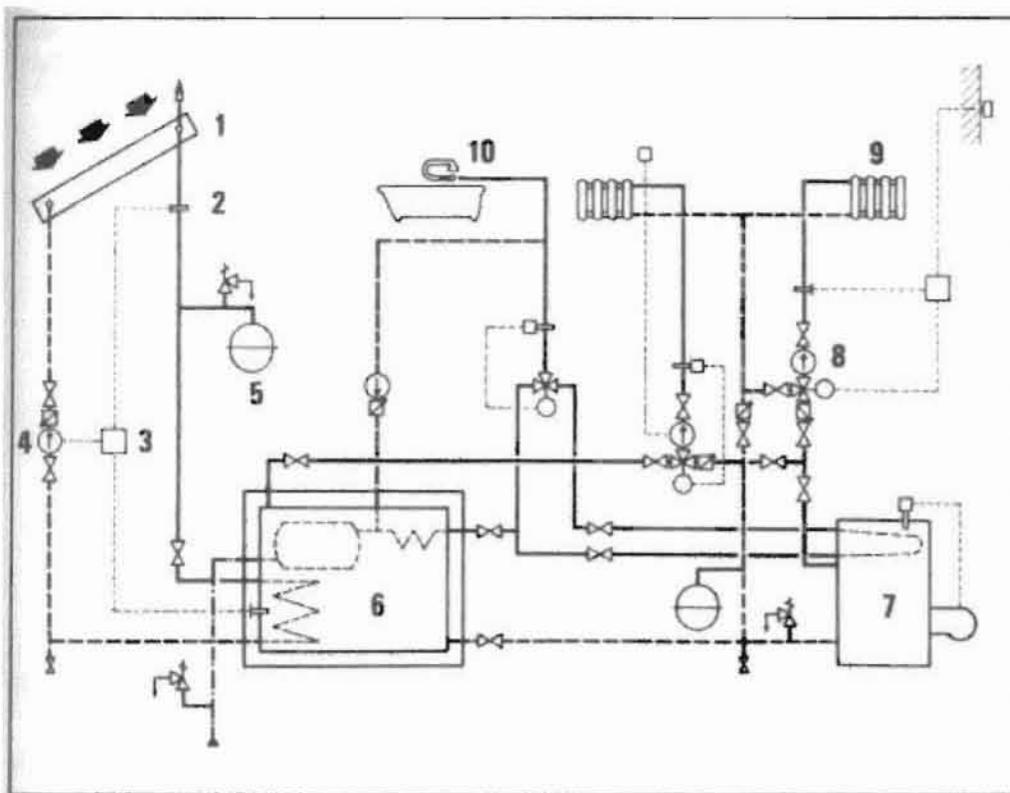
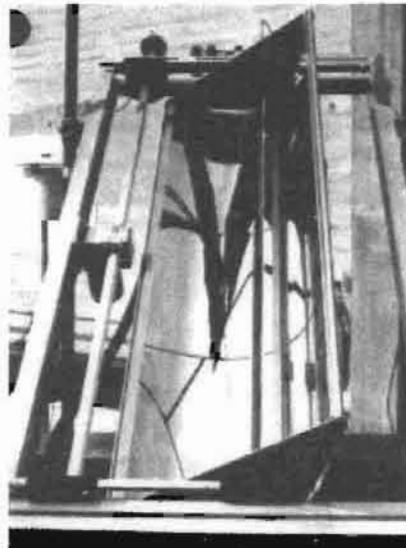
La energía solar térmica es un sector con una infraestructura de mercado ya creada (fabricación, instaladores) que en los sectores turísticos y residencial principalmente, puede aportar una cantidad importante de la demanda de agua caliente sanitaria y climatización de piscinas.

La incineración de residuos sólidos urbanos con recuperación de energía puede cubrir ventajosamente las necesidades de eliminación de residuos, contribuyendo además a la diversificación energética.

La energía solar fotovoltaica puede jugar un papel importante en determinadas aplicaciones, aunque su aportación cuantitativa sea menos importante.

En resumen, puede decirse que actualmente existe un marco institucional favorable para el fomento de las energías renovables, y que en Canarias existen recursos que posibilitan un incremento significativo de su aportación a corto plazo.

“ENERGÍA SOLAR TÉRMICA”.



JOSÉ RAMÓN MEDINA CRUZ.

INTRODUCCIÓN.

Los años de desarrollo nos legaron un sistema de construcción que prácticamente no había existido jamás en la historia de la arquitectura, una arquitectura sin relación con la naturaleza. Para la arquitectura oficial de los últimos decenios, el clima no representaba ningún papel. El bloque de hormigón con vidrieras era tan apropiado para los trópicos como para Groenlandia. Si no se podía vivir dentro del edificio, había energía sobrante para instalaciones de calefacción y de climatización sobredimensionadas. Después de la crisis del petróleo vino el desencanto y hoy parece imprescindible el replanteamiento del problema.

El sol.

El aprovechamiento del sol como fuente de energía sólo es posible si volvemos a tener en cuenta las leyes de la naturaleza. La máxima ley natural sobre nuestra Tierra es el sol. Sus radiaciones son las únicas que hacen posible la vida sobre el planeta. Son ellas las que determinan todos los procesos naturales imprescindibles para nuestra vida, como la lluvia, el viento, la fotosíntesis, las corrientes marinas y otros muchos más. Estas radiaciones determinan también unívocamente el funcionamiento de las instalaciones solares. Por esta razón, nuestras primeras consideraciones han de dedicarse a la técnica de la climatización para aclarar si nuestras condiciones climáticas permiten o no el aprovechamiento de la energía solar.

La radiación.

La << portadora >> de la energía solar es la radiación; está formada por rayos luminosos visibles y por rayos invisibles, ultravioleta e infrarrojos. El 9 por ciento de los rayos solares se encuentra en el intervalo del calor. La intensidad de la radiación en la superficie del sol, a 6000°C, está comprendida entre 70.000 y 80.000 kW/m². De esta gran cantidad de energía, nuestra Tierra sólo recibe una fracción pequeña, pero

apreciable; unos 180 billones de kW; muchísimos millares de veces más que la cantidad de energía que necesitamos para nuestra civilización.

La constante solar.

En el borde exterior de la envoltura de aire de la Tierra, el flujo de radiación es aún de $1,394 \text{ kW/m}^2$. A este valor se le denomina <<constante solar>>. Al atravesar la atmósfera, una gran parte de esta radiación queda absorbida, por lo que la superficie terrestre al nivel del mar y en un día claro recibe entre $0,855$ y $1,00 \text{ kW/m}^2$ de energía directa de radiación. La duración de la insolación y la intensidad de la radiación dependen localmente de la estación del año, de las condiciones del tiempo y, naturalmente, de la situación geográfica. En la mayoría de los países hace ya muchos años que se hacen mediciones de la duración de la insolación y la intensidad de la radiación. Para los cálculos heliotécnicos se dispone de datos medios para cada hora del día y para cada mes del año, determinados por medio de observaciones plurianuales. Se determinan también las cifras correspondientes a superficies horizontales y a superficies verticales con distintas orientaciones. Gracias a estos datos es posible obtener los valores de la potencia de la radiación para cualquier hora del día.

CONCEPTOS CLIMÁTICOS FUNDAMENTALES.

Radiación directa.

El brillo del sol, en la bibliografía técnica, se denomina <<radiación directa>>. Se controla por medio de mediciones continuas y con ellas se calculan los valores medios. En España, las potencias máximas de radiación incidente corresponden a los meses de junio y julio. Por ejemplo, en Madrid (latitud aproximada 40° N y altitud 667 m), se alcanzan los valores siguientes: $194,53 \text{ kWh}$ en junio y $221,08 \text{ kWh}$ en julio.

Radiación difusa.

La radiación difusa se debe a que una parte de la radiación directa, al atravesar la atmósfera, incide sobre diversas partículas que flotan en el aire y se dispersa. Se

distribuye de forma muy variable por toda la semiesfera celeste y siempre es más débil que la radiación directa; sin embargo, también puede aprovecharse termotécnicamente. Incluso en días nublados puede alcanzar una potencia de 50 a 100 W/m². No tiene dirección de propagación determinada, sino que procede de todas las direcciones del espacio.

Radiación global.

La radiación global es la suma de las radiaciones directa y difusa. Constituye uno de los valores más importantes de la observación meteorológica, y que se utiliza directamente par el cálculo del balance energético. En Europa central, alcanza sus valores máximos en julio y agosto y los mínimos en diciembre. La radiación global para una superficie determinada depende de la posición de esta superficie en el espacio con respecto a los rayos incidentes del sol. En el centro de España, por ejemplo en Madrid, el día 21 de junio (solsticio de verano), una superficie horizontal recibe, a las 12 horas, 3, 4 veces la radiación que recibe una superficie vertical, mientras que el 21 de diciembre (solsticio de invierno), también a mediodía, la superficie horizontal sólo recibe el 50 % que la vertical.

Radiación global:

- Bilbao: 1.100 kWh/ m² al año.
- Madrid: 1.653 kWh/ m² al año.
- Málaga: 1.706 kWh/ m² al año.
- Sta. Cruz Tenerife: 1.983 kWh/ m² al año.

Número de horas de sol:

El número de horas de sol depende de la situación geográfica y de las condiciones climatológicas. Los valores máximos se alcanza en las zonas desérticas (por ejemplo, en le Sahara, 4.000 horas al año) o en alta montaña. La intensidad de la radiación y la duración anual de la insolación determinan la cantidad de energía de que disponemos para una posición geográfica determinada.

Horas de Sol:

- Bilbao: 1.530 horas/año.
- Madrid: 2.890 horas/año.
- Málaga: 2.785 horas/año.
- Sta. Cruz Tenerife: 2.772 horas/año.

Intensidad de la radiación.

La intensidad de la radiación se mide en W/m^2 o en $kcal/m^2 \cdot tiempo$. En el borde exterior de la atmósfera, la intensidad de la radiación es de unos $1.394 W/m^2$.

En Europa central, podemos contar con un valor medio, en las superficie de la tierra, de $635 W/m^2$. Con muy buen soleamiento, este valor puede llegar a alcanzar de 950 a $1.220 W/m^2$. El valor medio, con buen soleamiento, es de unos $1.000 W/m^2$.

Probabilidad de insolación.

Un criterio importante para el aprovechamiento de la energía solar es la probabilidad mensual de insolación local. Si es inferior al 20 por ciento, el aprovechamiento económico de la energía solar puede resultar difícil. Si está comprendida entre el 20 y el 50 por ciento, puede ya esperarse un interesante ahorro de energía. Si el sol está cubierto por la niebla o por las nubes durante menos del 50 por ciento del tiempo, un edificio debidamente concebido puede abastecerse totalmente del calor por la energía solar. Durante los meses de invierno, la probabilidad de insolación en la Europa central, suele ser inferior al 20 por ciento; sin embargo, en las montañas de esa misma zona suele mediante más del 50 por ciento. Lógicamente, las condiciones en España son mucho más favorables. En la provincia más desfavorable, Vitoria, en el mes de diciembre, la probabilidad de insolación es del 20 %. En el mismo mes, en Madrid, la probabilidad es del 52 %.

MEDICIÓN PRÁCTICA DE LA RADIACIÓN SOLAR.

La cantidad de radiación recibida y aprovechable prácticamente depende de muchos factores climáticos y de otro orden. El viento, el enturbiamiento de la atmósfera, la situación del horizonte en relación con las elevaciones del terreno, la posición del edificio y de los colectores y otros elementos, tienen una gran influencia sobre los valores calculados para la radiación.

Debido a esta multiplicidad de factores de influencia, no pueden determinarse previamente con exactitud las cantidades de energía que incidirán en el futuro sobre la superficie colectora. El cálculo se efectúa con unos valores medios para cada zona climática. Si se dispone de estos datos pueden utilizarse, en general, sin grandes errores.

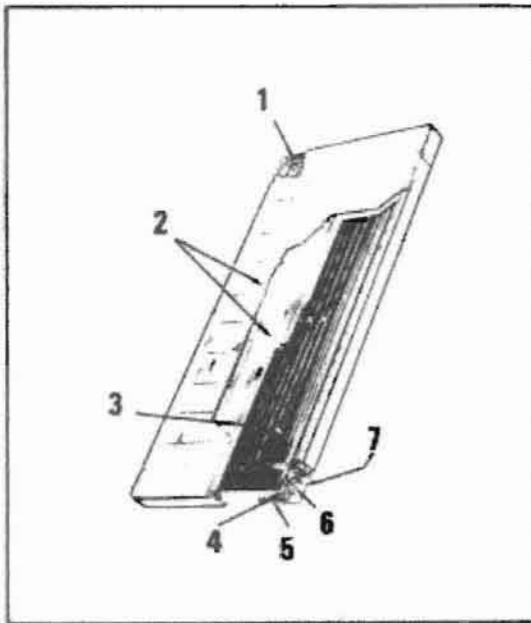
2. EL COLECTOR SOLAR, O CÓMO PUEDE CAPTARSE LA RADIACIÓN DEL SOL.

EL PRINCIPIO DEL INVERNADERO.

De Saussure y el efecto de invernadero.

Un cuerpo sometido a los rayos solares puede reflejarlos, dejarlos pasar o absorberlos. Cada cuerpo tiene sus propios coeficientes de reflexión, transmisión y absorción, que expresan el comportamiento de dicho cuerpo frente a los rayos incidentes. Estos coeficientes dependen de los parámetros del material, como son la estructura molecular, las características de la superficie, el color y otros. Los coeficientes son distintos también para las diversas longitudes de onda de la radiación incidente. Por experiencia sabemos que el agua sometida a los rayos del sol en un depósito o en un tubo de color oscuro se calienta con relativa rapidez. En el siglo XVIII, el naturalista suizo De Saussure estudió un principio físico que permite aumentar el efecto de calentamiento de los rayos solares. Para ello dispuso cinco placas de vidrio de modo que cada dos placas de vidrio plano quedasen separadas por una capa de aire. Los rayos solares de longitudes de onda comprendidas entre $0,25 \mu$ y $2,5 \mu$ pueden

atravesar las placas de vidrio, pero en la capa de aire se convierten en rayos caloríficos de 4 a 70 μ de longitud de onda. Estas radiaciones, situadas en la banda de los rayos infrarrojos, no pueden atravesar las capas de vidrio, que actúan como aislantes y el calor captado no puede ya escapar. A este principio se le denomina <<efecto de invernadero>>. Si detrás de la última capa de aire se coloca una placa oscura, absorbente del calor y se aísla térmicamente el conjunto, el aparato así obtenido puede denominarse <<colector heliotérmico plano>>. Los colectores son unos de los elementos constructivos más importantes de muchas de las instalaciones que funcionan con energía solar.



Colector plano General Electric

1. Bastidor de aluminio
2. Placa protectora de Lexan
3. Placa absorbedora (conductos integrados)
4. Aislamiento de fibra de vidrio
5. Aislamiento de espuma sintética
6. Entrada de agua
7. Placa posterior de aluminio

EL COLECTOR PLANO COMO APLICACIÓN PRÁCTICA DEL PRINCIPIO DEL INVERNADERO.

Según su construcción, la caja-invernadero antes descrita alcanza temperaturas relativamente altas que, naturalmente, dependen de diversos factores climatológicos y de construcción.

Pérdidas del colector.

La energía solar incidente sólo puede aprovecharse en parte; otra parte se pierde por reflexión, absorción o por falta de estanquidad de los elementos constructivos. Estas pérdidas del colector pueden ser ópticas o térmicas. Cuanto menores sean las pérdidas propias, mejor será el colector solar.

Rendimiento.

La relación entre la energía de radiación incidente y la energía térmica realmente aprovechada da el rendimiento del colector.

Temperatura de funcionamiento en vacío.

La máxima temperatura que puede alcanzarse con un colector se logra cuando no se le extrae ningún calor útil a través del medio portador del calor. Esta es la <<temperatura de funcionamiento en vacío>>. Según la concepción y la calidad del colector solar, y la intensidad de la radiación incidente, se obtienen distintas cifras. Con una radiación incidente de $800 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{h}$, un colector dotado de un solo vidrio puede alcanzar una temperatura de funcionamiento en vacío de unos $100 \text{ }^\circ\text{C}$, mientras que si lleva triple vidrio podrá llegar a unos $190 \text{ }^\circ\text{C}$. El número de vidrios aumenta la cantidad de energía captada, pero con más de tres capas de vidrio, las pérdidas por reflexión y absorción son demasiado grandes para que resulte económico.

Rendimiento máxima.

El rendimiento de un colector puede aumentarse por medio de un tratamiento especial de los vidrios planos y de las superficies de absorción (revestimientos selectivos). Un colector que trabaje con un rendimiento del 50 al 80 % puede considerarse normal. El calor capturado por la superficie absorbente se transporta al acumulador, o directamente al punto de utilización, por un medio transportador del calor. Este medio, que refrigera constantemente al colector, suele ser aire, agua o un aceite. Sin embargo, en principio pueden utilizarse otros gases o líquido. Los colectores planos pueden transformar en calor tanto la radiación directa como la difusa. Así se

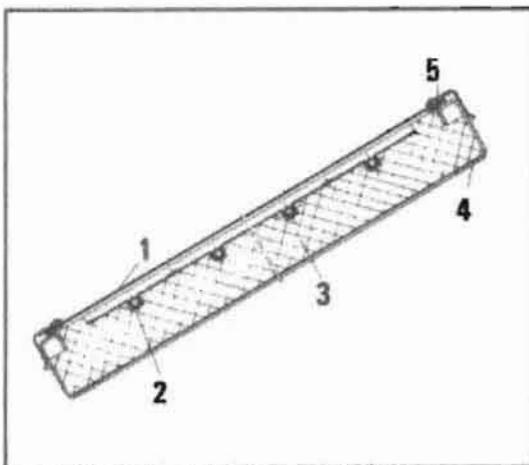
explica que un buen colector plano calienta agua hasta un cierto nivel de temperatura aunque no haga sol.

COLECTOR PLANO CON MEDIO LÍQUIDO.

En este tipo de colectores, el medio transportador del calor es agua o cualquier otro líquido. El líquido en circulación refrigera constantemente la superficie absorbadora y, a través de un sistema de tuberías, lleva el calor captado directamente, al aparato consumidor o a un acumulador. Normalmente, entre los colectores y el acumulador circulan de 10 a 40 litros de agua/hora y por m^2 de superficie de colector. Esta cantidad depende de la concepción de la instalación. Las formas de construcción de un colector de agua dependen principalmente de la constitución de las superficies absorbadoras y de la estrategia de la extracción del calor. Los fabricantes ofrecen ya varios tipos de colectores de líquido que se diferencian en las diversas concepciones de los elementos absorbadores. Los más importantes son los siguientes:

Colector plano con absorbador en serpentín.

Probablemente es el tipo más antiguo de colector de agua. Unas laminillas metálicas buenas conductoras del calor y buenas absorbadoras de las radiaciones se sueldan por su parte inferior a un sistema de tubos por el que circula un medio líquido transportador del calor.

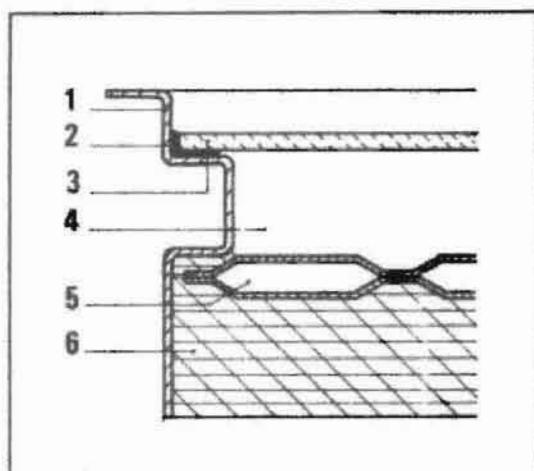


*Colector plano con absorbador de serpentín
(sistema Alustar)*

1. Cobertura de plástico
2. Sistema tubular y placa de aluminio
3. Aislamiento
4. Bastidor de aluminio
5. Juntas

Colector plano con absorbedor de venas fluidas (Tube in strip o rollbond).

La denominación <<rollbond>> (banda laminada) procede del método de fabricación de la placa absorbedora. El trazado de los conductos deseados se imprime en una chapa de cobre o de aluminio que se suelda luego otra chapa de las mismas dimensiones por calentamiento y laminación. En los lugares en que previamente se había aplicado la tinta no se produce la soldadura de las chapas por lo que, en otra operación, se puede formar el sistema de conductos insuflando aire comprimido.

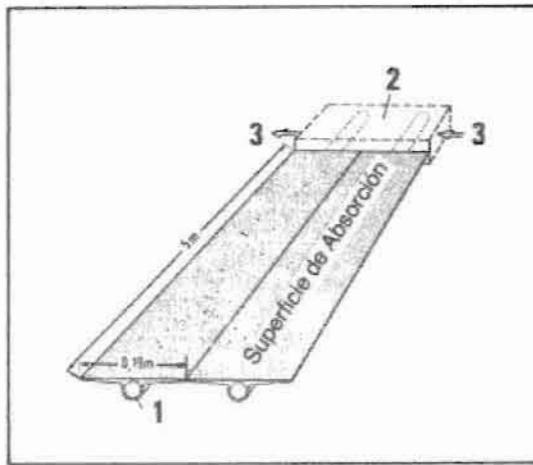


Colector plano con absorbedor Rollbond (sistema Hoval)

1. Bastidor metálico
2. Junta
3. Placa de vidrio
4. Cámara de aire
5. Placa absorbedora
6. Aislamiento

Colector plano con tubo de calor.

En este sistema, el calor captado se transporta a través de un <<tubo de calor>> herméticamente cerrado y lleno de un líquido especial, unido a una superficie absorbedora de aluminio de 18-20 cm de anchura. La longitud de este elemento puede llegar a los 5 m. El tubo de calor transmite el calor captado al agua del circuito primario con la ayuda de un intercambiador de calor. Un colector solar completo se compone de una serie de módulos básicos. Este principio permite, en comparación con los demás colectores de líquido, que el medio transportador de calor circule a través de menos ramificaciones.



Colector plano con tubo de calor (sistema Dornier)

1. Tubo de calor
2. Cambiador de calor
3. Circuito de agua

Otros colectores planos con medio líquido.

Además de los modelos citados, hay otras muchas posibilidades de formar un sistema absorbedor de las radiaciones con medio líquido.

- Colectores de plástico: Para las instalaciones que no precisen de altas temperaturas existen ya elementos de plástico tubulares o en forma de placa, baratos, que pueden utilizarse como colectores solares. Los institutos de investigación de muchas empresas de todo el mundo trabajan a pleno rendimiento para desarrollar tipos de colectores de buena calidad a precios económicos.

Ventajas e inconvenientes que tiene el agua como medio transportador del calor entre el colector solar y el acumulador.

- Ventajas de los colectores de agua:
 - El agua, como medio transportador de calor tiene muy buena capacidad calorífica.
 - El acumulador de agua conectado a la instalación puede almacenar muchas calorías para un volumen determinado.
 - La instalación es sencilla y puede regularse con exactitud.

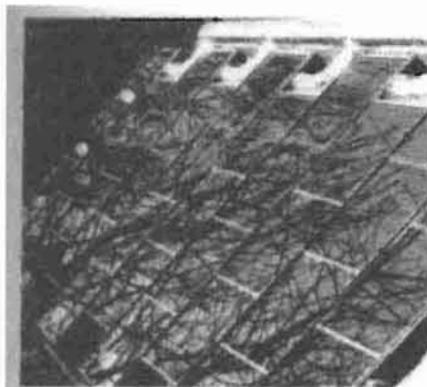
- Los colectores de agua pueden utilizarse para todos los tipos de aplicaciones, como calefacción de piscinas, producción de agua caliente, calefacción de locales y refrigeración de locales.

• Inconvenientes de los colectores de agua:

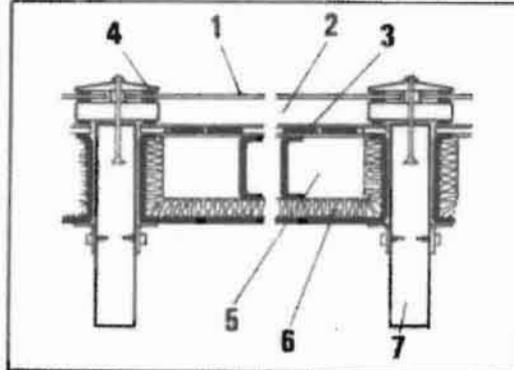
- Problemas de corrosión.
- Problemas de congelación en invierno.
- Las fugas, incluso muy pequeñas, pueden deteriorar elementos constructivos completos y reducir considerablemente el rendimiento del colector.
- Sobrecalentamiento cuando no se consume calor.

COLECTORES PLANOS DE AIRE.

Los inconvenientes más graves de los colectores de agua pueden evitarse utilizando el aire como medio transportador del calor. Los colectores de aire funcionan también por el principio del invernadero, pero, en lugar de agua, en el colector se calienta aire que se lleva a un acumulador.



Colector de aire europeo (sistema Stork)



Colector de aire combinado con células solares (tipo Solar-One)

- | | |
|------------------------|------------------------------|
| 1. Cobertura de vidrio | 5. Conducto de aire |
| 2. Cámara de aire | 6. Aislamiento |
| 3. Células solares | 7. Estructura de la cubierta |
| 4. Juntas | |

Los colectores de aire suelen utilizarse para la calefacción y refrigeración de locales. Sin embargo, también es posible, en principio, calentar indirectamente una piscina con este tipo de colectores o producir con ellos agua caliente sanitaria.

Hasta ahora, este tipo de colectores donde más se utilizaba era en USA, pero ahora se interesan también por ellos algunos constructores europeos. Entre el colector y el acumulador circulan 0,3 a 1,0 m³ de aire por minuto y m² de superficie colectora. El movimiento natural o por circulación forzada con la ayuda de ventiladores. Según las dimensiones de la instalación, los ventiladores pueden tener potencias eléctricas de ½ a 1 CV.

Ventajas de los sistemas de colectores de aire:

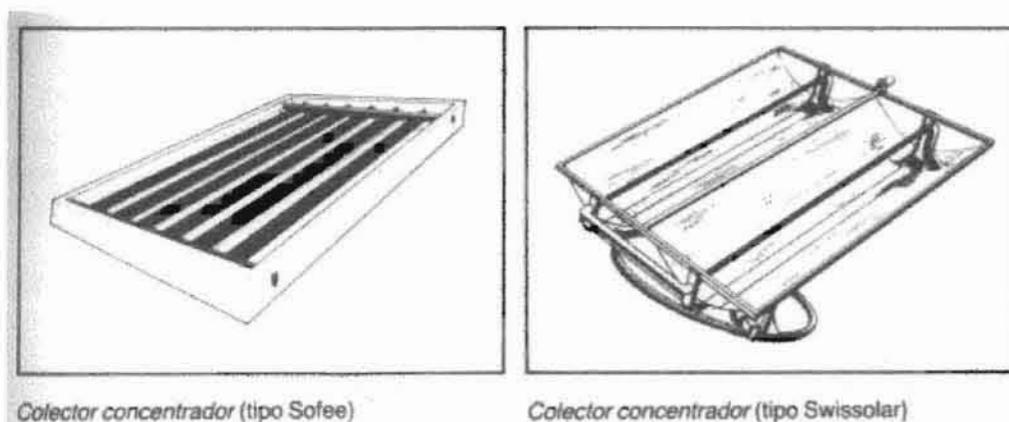
- No se tiene problemas de corrosión, congelación ni sobrecalentamiento.
- Pueden utilizarse como acumuladores los elementos constructivos de un edificio.
- Los colectores de aire permiten la ventilación natural del edificio.
- Los colectores de aire pueden utilizarse sencillamente como cerramiento exterior del edificio con ventilación por detrás, constituyendo así un sistema constructivo integrado y lógico.
- La piedra o las masas de tierra que se necesitan para almacenar el calor pueden encontrarse en cualquier sitio.

Inconvenientes de los sistemas de colectores de aire:

- La combinación del colector de aire con acumulador de piedra tiene menor capacidad calorífica que los sistemas de agua por lo que es mayor el volumen del acumulador necesario.
- La regulación del sistema es más complicada.
- Su aplicación práctica para la producción de agua caliente y calefacción de piscinas es más difícil.

COLECTORES CONCENTRADORES.

Hace ya moles de años que se conoce el modo de obtener elevadas temperaturas concentrando las radiaciones directas del sol por medio de espejos y otros aparatos ópticos. Se dice que Arquímedes y Proclo incendiaron con estas instalaciones toda una flota de guerra. Los colectores construidos según el principio de la concentración suelen tener una superficie cóncava y, según su construcción, pueden producir temperaturas hasta 4.000 °C. Los colectores concertadores, también llamados colectores de espejo, tienen que ser, en general, orientales y les afecta mucho la suciedad. Es posible proteger el espejo contra las acciones de la intemperie por medio de un vidrio plano, pero éste tiene que limpiarse con frecuencia, cosa que no ocurre con los colectores planos, para que no se reduzca la intensidad de la radicación directa por una nueva dispersión. Normalmente, los colectores concertadores sólo pueden aprovechar la radiación directa; sin embargo, los últimos estudios indican que, a pesar de este inconveniente, también pueden utilizarse para las condiciones climáticas centroeuropeas y para usos domésticos. Pueden emplearse asimismo para refrigeración. Los construidos hasta ahora suelen utilizar un líquido como medio transportador del calor.



En los colectores LNC y Swissolar, un espejo cilíndrico-parabólico (construcción en España) que, con ayuda de un mando automático sigue la marcha del sol de este a oeste, concentra las radiaciones incidentes sobre un sistema absorbedor por el que circula un medio líquido. Sólo se aprovechan las radiaciones directas. El colector tubular de Philips permite la absorción concentrada de la energía de radiación incidente sin necesidad de orientar el colector según el movimiento del sol. Estos colectores

pueden aprovechar también la radiación difusa. En el colector tubular se utilizan como absorbedores tubos de vidrio como los del alumbrado fluorescente. Estos tubos absorbedores se encuentran dentro de un tubo de mayor tamaño en el que se ha hecho el vacío y que por su cara inferior es reflectante y por su cara superior lleva un filtro selectivo de transmisión de óxido índico.



3. OBTENCIÓN DEL AGUA CALIENTE CON EL SOL.

El productor más sencillo de agua caliente solar.

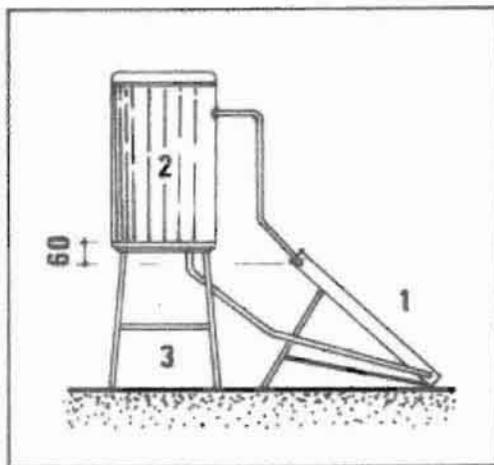
El producto más sencillo de agua caliente con el sol es una manguera de color negro enrollada en un árbol o en un poste expuestos al sol. Si la cantidad de agua que se haya de calentar es pequeña, no se requieren temperaturas elevadas y la instalación sólo ha de funcionar durante los días calurosos, no se necesitan colectores solares para calentar el agua. Con la ayuda de tubos o depósitos pintados de negro se puede calentar ésta con la energía solar sin ningún tipo de problemas. Las instalaciones de mayor capacidad que tengan que producir agua caliente durante todo el año son más complicadas y están formadas por dos elementos principales: el colector solar y el acumulador de agua caliente unidos al sistema de distribución y regulación.

SISTEMAS DE OBTENCIÓN DE AGUA CALIENTE SOLAR.

Los dos sistemas de producción de agua caliente más utilizados actualmente se diferencian en el modo de circulación del agua en el colector solar. En ciertas condiciones, este movimiento del agua entre el colector y el depósito puede producirse por el efecto de termosifón o con ayuda de una bomba de impulsión.

SISTEMAS DE CIRCULACIÓN POR TERMOSIFÓN.

Un fenómeno muy conocido es que, a igualdad de volumen, el agua caliente es más ligera que el agua fría y que, calentando una cierta cantidad de agua se puede conseguir la circulación del agua de un circuito. Este hecho, que suele denominarse <<principio del termosifón>> puede aprovecharse para la producción de agua caliente con la energía solar. Gracias a la incidencia de las radiaciones solares; una parte del agua del circuito del colector se calienta, se desplaza hacia arriba, y la parte más fría se mueve hacia abajo, lo que permite un constante movimiento del agua sin la ayuda de bombas. Para asegurar este tipo de circulación propia. Los depósitos de agua deben estar, como mínimo, 60 cm más altos que el borde superior del colector. Una instalación para producción de agua caliente por el principio del termosifón puede trabajar en circuito cerrado o en circuito abierto.



Instalación de producción de agua caliente con circulación por termosifón

1. Colector solar
2. Depósito calentador del agua
3. Caballete

Sistemas de circuito abierto.

En los sistemas por termosifón en circuito abierto, se hace pasar el agua de la tubería tan lentamente a través de los colectores que en una sola pasada alcanza la temperatura de régimen deseada. Un termostato permite que el agua pase al depósito acumulador cuando se ha alcanzado ya esta temperatura. En este momento se abre una válvula termostática y el agua caliente entra en el depósito, mientras que el agua fría vuelve al colector. Cuando el depósito está lleno, una válvula de flotador cierra el flujo de agua fría al colector solar. Al seguirse calentando el colector, se pone en marcha una circulación constante; del depósito sale el agua que se ha ido enfriando a través de la válvula de retorno, pasa al colector y una vez caliente, vuelve al depósito. Cuando la temperatura de funcionamiento en vacío del colector alcanza un valor inferior al requerido, el termostato cierra totalmente el sistema de circuito abierto.

Distintas temperaturas de régimen.

En un sistema de este tipo, sólo la parte superior del colector solar se calienta. En cambio, la parte inferior, por donde entra el agua fría, se mantiene relativamente fría. De esta manera se consigue, como consecuencia de la menor temperatura de régimen, que una gran parte de la superficie del colector tenga mayor rendimiento. Este hecho permite construir colectores más baratos. Si se consume agua almacenada, pero la temperatura del agua que queda se mantiene relativamente constante, suponiendo que el depósito esté bien aislado. Sin embargo, si se consume una gran parte del agua caliente, por experiencia sabemos que la que queda se enfría cada vez más deprisa. En la mayoría de los casos, en el depósito se instala un calentador eléctrico de 0,5 a 2,0 kW para poder producir también agua caliente durante los días sin sol. El calentamiento del agua se acelera o retarda según la duración del asoleamiento.

Toma de agua por gravedad.

La toma del agua caliente se realiza por la fuerza de la gravedad a través de una salida situada en el fondo del depósito. Otras características de este sistema de circulación por termosifón con circuito abierto son:

- Sólo se dispone de agua caliente en una tubería sin presión.
- Cuando es escasa la radiación solar, se sigue disponiendo de agua caliente a la temperatura deseada, pero cada vez en menor cantidad.
- Una vez consumida el agua caliente no sale agua de la tubería.

Ventajas de los sistemas por termosifón con circuito abierto:

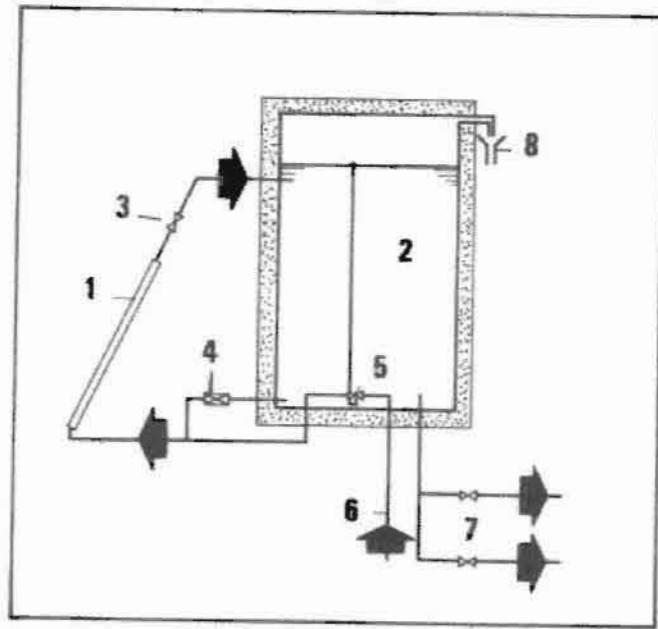
- Simplicidad y robustez.
- No se necesita bomba ni intercambiador de calor.
- Construcción económica.

Inconvenientes de los sistemas por termosifón de circuito abierto:

- Se necesitan tuberías relativamente gruesas.
- El depósito no puede colocarse en el sótano ni en una posición cualquiera.
- No puede elegirse arbitrariamente la composición del colector.
- El depósito de agua caliente debe estar cerca del colector.
- Es relativamente difícil el control de la temperatura y su regulación.
- Si no se controla debidamente las temperaturas o éstas son demasiado altas (más de 60 °C), se corre el peligro de que se formen incrustaciones calcáreas.
- Las tuberías horizontales deben tener también algo de inclinación.
- No se autoriza en todas partes.

Sistema de producción de agua caliente solar con circulación por termosifón
Sistema de circuito abierto
(según Hullmann y Schmidt)

1. Colector solar
2. Acumulador de agua caliente
3. Válvula termostática
4. Válvula de retención
5. Válvula mandada por flotador
6. Agua fría
7. Toma de agua caliente
8. Rebosadero



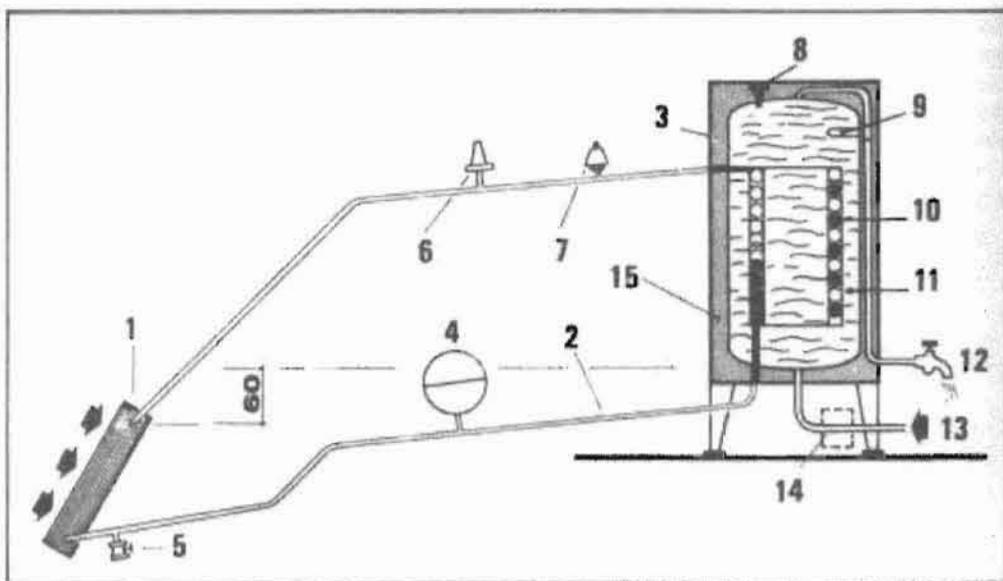
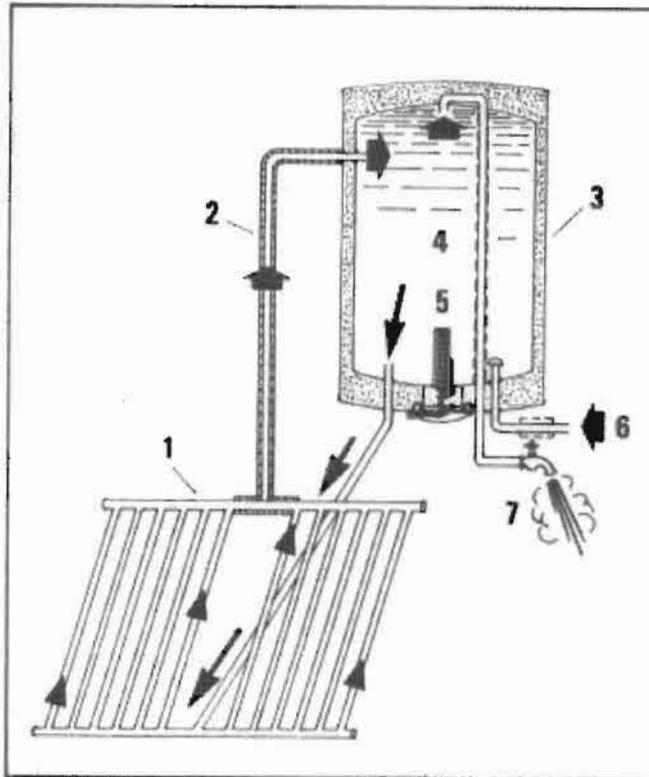
Sistemas por termosifón en circuito cerrado.

Son mejores las instalaciones de producción de agua caliente por termosifón que trabajan en circuito cerrado. El calentamiento del agua del depósito puede hacerse directamente con un intercambiador de calor I en un depósito de doble camisa. Como el agua del depósito se encuentra a la presión de la red de agua potable, la toma del agua caliente puede hacerse por la parte superior del depósito.

Los sistemas que trabajan aplicando el principio del termosifón se utilizan principalmente en Israel, Australia y Japón, donde están muy difundidos. En Israel, hay instalaciones de este tipo que trabajan satisfactoriamente desde hace más de veinte años, y en Japón se han instalado ya más de tres millones de aparatos de este tipo o similares.

Sistema de preparación de agua caliente solar con circulación por termosifón (según Keren-Or)
 Sistema de circuito cerrado sin intercambiador de calor

- 1. Colector solar
- 2. Tubería aislada
- 3. Calentador de agua
- 4. Agua caliente
- 5. Calentador eléctrico
- 6. Agua fría
- 7. Agua caliente



Sistema de producción de agua caliente solar con circulación por termosifón.
 Sistema de circuito cerrado con intercambiador de calor.

- 1. Colectores solares
- 2. Circuito primario (aislado)
- 3. Calentador de agua
- 4. Depósito de expansión
- 5. Llave de vaciado
- 6. Válvula de seguridad
- 7. Válvula de purga de aire
- 8. Termostato
- 9. Elemento calentador eléctrico
- 10. Intercambiador de calor
- 11. Agua
- 12. Grifo de agua caliente
- 13. Entrada de agua fría
- 14. Grupo de seguridad
- 15. Aislamiento

SISTEMAS CON BOMBA DE CIRCULACIÓN.

Si se quieren evitar los inconvenientes, relativamente numerosos de la instalación con circulación por termosifón, la circulación del agua puede conseguirse por medio de un sistema de bombas. En este caso, suele hacerse pasar el agua del depósito a través del colector y volver al depósito circulando con tanta velocidad que en cada vuelta sólo se calienta unos pocos grados. El agua del colector circula por una red cerrada de tuberías que se denomina circuito del colector, o circuito primario. La cesión del calor se hace en un intercambiador de calor o en un depósito de doble camisa. El depósito está siempre lleno. Si se consume agua caliente, entra de la red en el depósito la misma cantidad de agua fría. Este sistema no requiere regulación del caudal. Aunque se consuma agua en un día sin sol, la cantidad de agua del depósito sigue siendo la misma, pero baja su temperatura. Si el agua no se calienta bastante por la energía solar existe la posibilidad de alcanzar la temperatura necesaria en el depósito por medio de un elemento calefactor eléctrico. El agua del acumulador de agua caliente se encuentra a la presión de la red de agua potable por lo que puede tomarse agua caliente en varios grifos a la vez a la presión normal. Intercalando una bomba de circulación en el circuito del colector se aumenta la velocidad de circulación del agua, por lo que se pueden utilizar tuberías de menor calibre. La bomba de circulación de una instalación pequeña (colector de 4 m², depósito de 200 litros) tiene una potencia relativamente pequeña, de unos 15 a 20 vatios.



Ventajas de los sistemas con bomba de circulación:

- Independencia de emplazamiento del acumulador.
- Pequeño calibre de las tuberías.
- Las tuberías horizontales pueden ser horizontales.
- Pueden utilizarse distintos tipos de colector.
- El control de la temperatura es sencillo.

Inconvenientes de los sistemas con bomba de circulación:

- Costes de instalación más elevados.
- Se necesita conexión a la red eléctrica.
- Posibilidad de averías.
- Se necesita una regulación muy precisa.

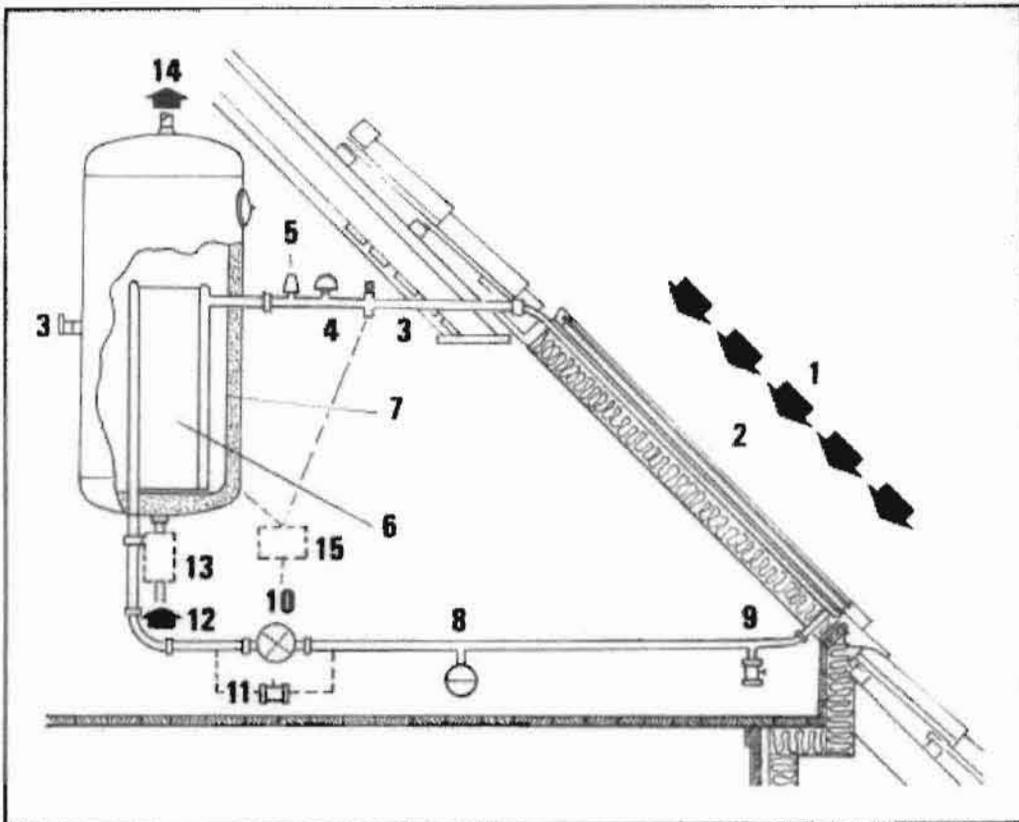
También es posible combinar ambos sistemas utilizando varios depósitos con lo que se pueden conseguir distintas temperaturas en la superficie colectora y en los depósitos por ser más lento el flujo de agua.

Los colectores solares para producción de agua caliente con sistemas de circuito cerrado de colector suelen trabajar con agua como medio transportador del calor, en principio, sin embargo, también pudiera utilizarse aceite u otro líquido.

Sistema de producción de agua caliente solar con bomba aceleradora

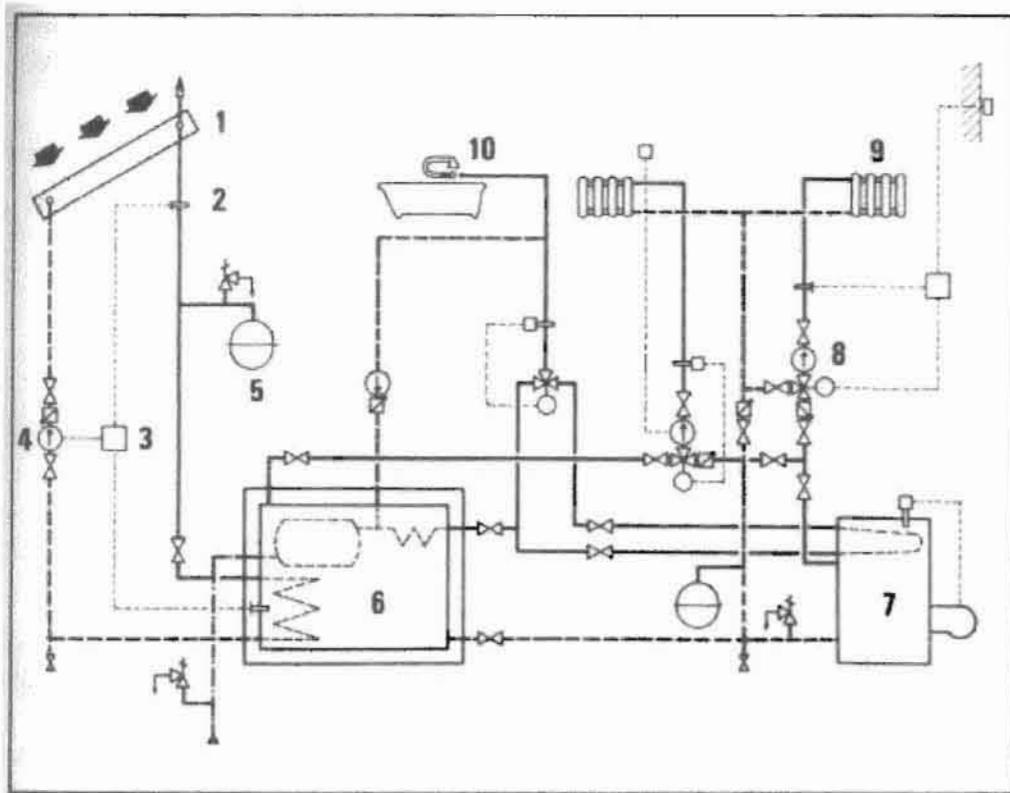
Circuito cerrado con intercambiador de calor

1. Radiación solar incidente
2. Colectores solares
3. Termostato
4. Válvula de purga para el aire
5. Válvula de seguridad
6. Intercambiador de calor
7. Depósito de agua caliente
8. Depósito de expansión
9. Llave de vaciado
10. Bomba aceleradora
11. By-Pass
12. Agua fría
13. Grupo de seguridad
14. Agua caliente
15. Mandos



Esquema de un sistema de producción solar de agua caliente sanitaria combinada con la calefacción de locales (sistema ZnCo)

1. Colectores solares
2. Termostato
3. Mandos
4. Bomba aceleradora
5. Depósito de expansión
6. Acumulador de agua caliente con intercambiador de calor y calentador de agua
7. Caldera auxiliar de calefacción
8. Bomba aceleradora del circuito de calefacción
9. Radiador especial o calefacción de suelo radiante a baja temperatura
10. Toma de agua caliente

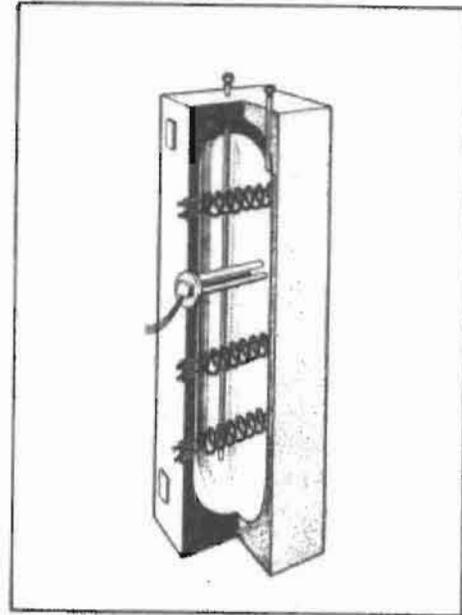


EL ACUMULADOR DE AGUA CALIENTE.

El segundo de los elementos constructivos importantes de una instalación de producción de agua caliente por energía solar es el acumulador de agua caliente, también denominado depósito o <<boiler>>. Su tamaño depende de la cantidad de agua caliente de 40-60 litros por persona, lo que equivale a un depósito de 200-250 litros por familia, como mínimo. Para instalaciones comunitarias, como campings, hospitales,

hoteles, centros deportivos, internados edificios de pisos, cuarteles, etc..., se dispone ya de depósitos de cualquier capacidad que se dese. Los depósitos de mayor tamaño tienen capacidad de acumulación de calor más favorable y mejores propiedades constructivas. Por lo tanto, también son más favorables en cuanto a coste. El depósito suele hacerse de acero inoxidable, pero también pueden emplearse otros metales resistentes a la corrosión o plásticos.

Acumulador de calor para producción solar de agua caliente y calefacción de locales (Doc. Solcalor)



¿ CUÁNTO CUESTA UNA INSTALACIÓN SOLAR PARA LA OBTENCIÓN DE AGUA CALIENTE ?.

Es difícil responder, ya que las instalaciones establecidas hasta ahora en Europa no son, en su mayoría, más que prototipos. Por otra parte, con las condiciones climatológicas del lugar de instalación varían las dimensiones óptimas de la misma y depende también mucho de su construcción y de la concepción del sistema.

Dimensiones óptimas de la instalación.

Las dimensiones teóricamente óptimas serían las de una superficie colectora suficiente, para cada situación climáticamente aprovechable, que toda la energía solar incidente pudiese aprovecharse en calor útil. En nuestra civilización, montada sobre la

economía y el dinero, una solución de este tipo no podría justificarse financieramente. Por esta razón, en todas partes se busca muy celosamente la dimensión <<óptima>> de la instalación, que sea justificable económicamente desde nuestro punto de vista actual. No han terminado aún los estudios realizados a este respecto. Muchos especialistas creen, sin embargo, que para las condiciones climáticas centroeuropeas normales, una superficie colectora entre 4 y 10 m² por vivienda permitiría interesantes ahorros energéticos, sin que los costes de instalación fuesen excesivos.

Precios de instalaciones solares de producción de agua caliente, de fabricación industrial.

Mirando los precios del mercado para una pequeña instalación de producción de agua caliente y consideremos primero un sistema de fabricación industrial con, por ejemplo, 4 m² de superficie colectora y un depósito de 200 litros.

Que estas dimensiones de instalación sean <<óptimas>> o no, depende de los muchos factores ya citados. Para situaciones climatológicamente desfavorables, sería muy pequeña. Según los datos de las empresas fabricantes, los precios de venta de una instalación tan sencilla con bomba para circulación forzada se descompondrían en esta forma:

	Fr.su.	aprox. Pts. (18)
Elementos de colector 4 m ² (200 Fr/m ²)	800	40.000
Tubuladura	500	25.000
Acumulador 200 litros y equipo eléctrico	1.500	75.000
Bomba y sistema de tuberías	1.000	50.000
Sistema de mando e instalación eléctrica	500	25.000
Protección contra el hielo y varios	250	12.500
Total de la instalación (sin montaje)	4.500	227.500

18 Se ha tomado la equivalencia aproximada 1 sFr = 50 pts.

Tipo de instalación: Sistema termosifón para A. C. S.

Usuario de la energía: Apartamento SOLYMAR.

Descripción:

• General:

La instalación está formada por 11 equipos termosifón situados en la azotea de la edificación.

Estos sistemas permiten el autoabastecimiento de A. C. S. a un total de 22 apartamentos de distinta capacidad (entre 2 y 4 ocupantes por apartamento). Con objeto de evitar el impacto visual se les ha dotado de unos sistemas de fijación muy simples y que elevan poco cada sistema sobre la planta de sujeción.

La superficie de captación resulta muy reducida respecto a la planta total de la construcción.

• Técnica:

- Número de paneles: 22 (2 por termosifón).
- Número de termosifones: 11.
- Superficie total de captación: 67 m².
- Tecnología: E. S. E.



EJEMPLO N° 2: INSTALACIÓN SOLAR B. T. EN EL HOTEL MAJEC PARK.

Localización:

Térmica Municipal:	Puerto de la Cruz.
Isla:	Tenerife.
Provincia:	Santa Cruz de Tenerife.
Año puesta en marcha:	1984.
Tipo de instalación:	Agua Caliente Sanitaria.
Usuario de la energía:	Hotel MAJEC PARK.

Descripción:

• General:

La instalación presta el servicio de agua caliente sanitaria a un hotel de 156 habitaciones situado en el Puerto de la Cruz.

Los primeros 10 años de vida útil de la instalación han permitido al hotel adquirir una gran experiencia en la aplicación del sistema instalado y que a su vez ha contado con un servicio de mantenimiento adecuado a este tipo de instalaciones.

• Técnica:

- Número de colectores: 241.
- Capacidad de almacenamiento: 28.000 litros.
- Tecnología: ISOFOTON.
- Superficie: 480 m².



5. BIBLIOGRAFÍA.

- * “ENERGÍA SOLAR Y ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA”.

Roger Dumon.

Edit: Toray - Masson S. A.

- * “PRACTICA DE LA ENERGÍA SOLAR”.

Pierre Robert Sabady.

edit: CEAC.

- * “LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN LAS ISLAS CANARIAS”.

Conjuntos de Expertos y director de la División (Cayetano Hernández
Gonzálvez).

Edit: Gobierno de Canarias (Consejería de Industria y Comercio).

6. COMENTARIO BIBLIOGRÁFICO.

- * Roger Duman. “ENERGÍA SOLAR Y ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA”.

Este es un libro el cual no es fácil de entender en una primera leída, pero a medida que uno se va introduciendo más en la materia empieza a encontrarse cosas de gran importancia.

Hay que hacer hincapié en que el libro hay algunos temas mejor tratados que otros. Un ejemplo de esto es el tema de los acumuladores el cual esta muy bien tratado en es libro (modo de construcción, etc..). Por ello consideramos que es un buen libro pero algo incompleto.

- * Pierre Robert Sabady. “PRACTICA DE LA ENERGÍA SOLAR”

Sin ninguna duda considero este libro como el mejor que podemos encontrar, para un comienzo en una nueva materia como es esta (Solar Térmica). Las virtudes que he encontrado en él es su fácil lectura, la diversidad de fotos y diagramas explicativos.

También hay que comentar que no todo se encuentra en este libro, o se encuentra pero no al nivel requerido. En suma considero que es un libro bastante completo en casi todos los aspectos.

* “Las energías renovables en las Islas Canarias”.

Este libro es de gran utilidad debido a que en el encontramos ejemplos directos de esta energía en Canarias, que es en suma lo que buscamos. Hablar de este libro es hablar de manual de las energías en Canarias. El libro en sí esta bien si nuestro objetivo es ver solo las aplicaciones de esta energía solar térmica en el archipiélago.

***ENERGÍA SOLAR
FOTOVOLTAICA***

por Luis Cárdenes Guerra

LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA COMO ALTERNATIVA

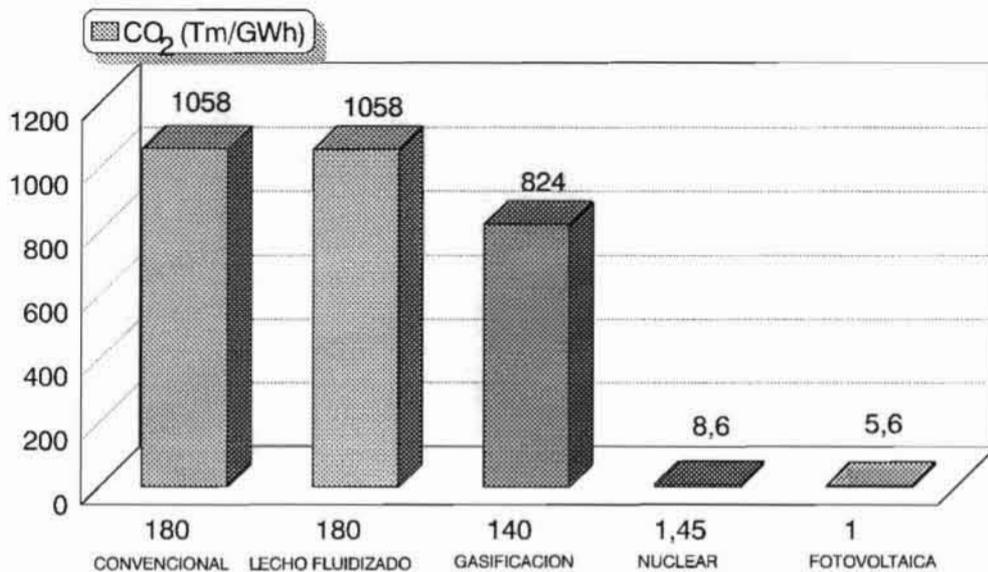
Bajo la denominación “fotovoltaico” se engloban el conjunto de las tecnologías que permiten la conversión directa de la luz solar en electricidad, mediante un dispositivo electrónico llamado “célula solar”.

El efecto fotovoltaico fue descubierto por el físico francés Edmund Bequerel en 1839. Sin embargo y a pesar de lo que esta temprana fecha pudiera indicar, la tecnología fotovoltaica es muy reciente en nuestra historia. El primer dispositivo que puede ser propiamente llamado célula solar fue una célula de selenio con una eficacia del 1% fabricada en 1941. La Western Electric comercializó, por primera vez, células solares en el año 1955. En esos años, la tecnología fotovoltaica estaba fuertemente ligada a la carrera espacial. El primer satélite solar fue el Vanguard Y, lanzado en 1958, y que disponía de un módulo fotovoltaico para alimentar un transmisor de 5 milivatios. A partir de ese momento todos los ingenios espaciales incorporaron células solares en cantidad creciente. El Spacelab tuvo un generador fotovoltaico de 20 Kwp. Durante esa época, la fiabilidad era, para la NASA, un aspecto más importante que el coste. La energía fotovoltaica era, al menos 50 veces más cara que cualquier otra forma convencional de energía lo que, naturalmente, mantenía a las células solares totalmente alejadas del mercado terrestre.

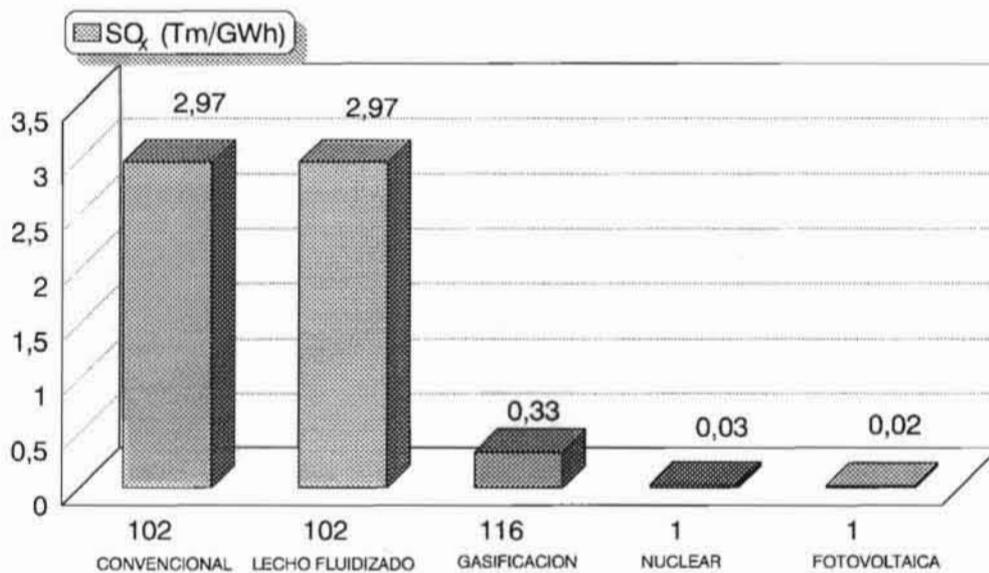
El embargo de petróleo iniciado por los países de la OPEP en 1973 supuso una nueva página en esta historia al despertarse un gran interés en el uso de las células solares para aplicaciones terrestres. Los fondos dedicados a investigación, desarrollo y demostración se elevaron hasta una cantidad del orden de 300 millones de dólares al año. Lo que hasta entonces había sido una tecnología espacial, pasó rápidamente a convertirse en una tecnología fundamentalmente terrestre.

En los últimos años se han elaborado muchos estudios tendentes a cuantificar diversos aspectos ligados a la generación de energía y no considerados actualmente en su

contabilidad. Saquemos conclusiones a las siguientes figuras que se desarrollan a continuación:



Emisiones de dióxido de carbono en Toneladas/GWh, para varias tecnologías de generación de electricidad. La última fila indica la comparación con la tecnología fotovoltaica.



Emisiones de óxidos de azufre en Toneladas/GWh, para varias tecnologías de generación de electricidad. La última fila indica la comparación con la tecnología fotovoltaica.

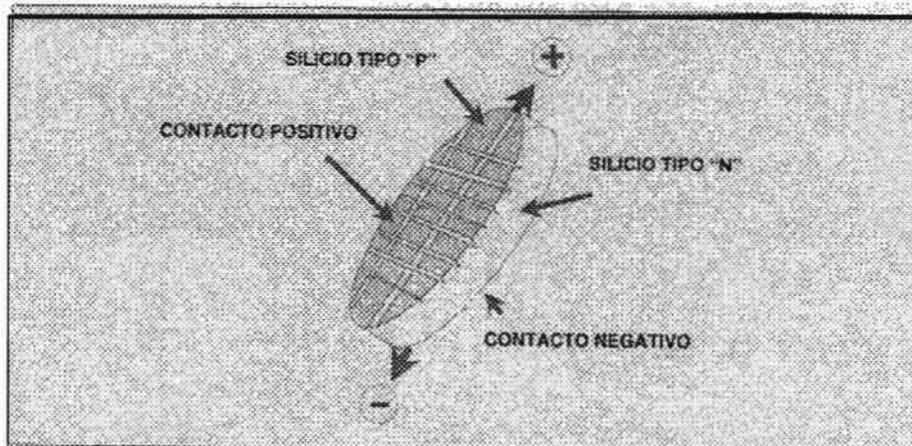
- La combustión de carbón está fatalmente ligada al incremento del efecto invernadero (capacidad de la atmósfera para retener el calor). Las tecnologías denominadas de “combustión limpia” sólo constituyen una respuesta al problema de la lluvia ácida (precipitación en forma de lluvia de ácidos de nitrógeno y azufre que se forman por la reacción del OH atmosférico con los óxidos de estos elementos, que se desprenden de la combustión de combustibles fósiles).
- El uso masivo de la energía nuclear conlleva una enorme acumulación de residuos radiactivos ($\approx 3,7 \text{ Tm/ Gwh}$ de residuos de baja radioactividad) para cuyo almacenaje futuro en condiciones de absoluta seguridad, no existen soluciones que disfruten de aceptación general. Por otro lado, supondría un gran consumo de agua que, en la práctica, impide su utilización en amplias zonas del planeta.
- La energía solar fotovoltaica es intrínsecamente no contaminante. Además, no requiere agua en su operación y no plantea problemas específicos de ocupación de espacio.

ASPECTOS TÉCNICOS DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

A) LA BASE

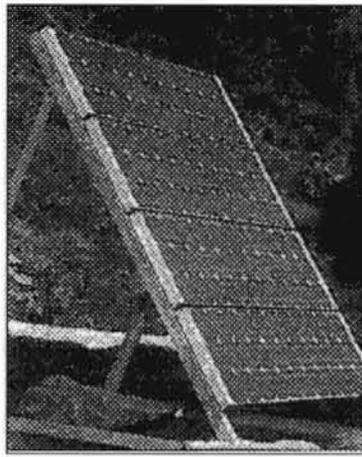
La conversión de energía solar en energía eléctrica de forma directa se produce como consecuencia del denominado efecto fotoeléctrico o fotovoltaico. Cuando sobre la célula solar fotovoltaica incide la radiación solar en una de sus caras, aparece en ella una tensión análoga a la que se produce entre las bornas de una pila. Mediante la colocación de contactos metálicos en cada una de las caras puede “extraerse” energía eléctrica que es utilizable en distintas aplicaciones.

Constitución de una célula solar



Los paneles están constituidos por un conjunto de células fotovoltaicas. Varios paneles conectados eléctricamente entre sí en serie y paralelo constituyen el campo de paneles o subsistema de captación energética.

Conjunto de paneles fotovoltaicos



La energía que procede del sol llega a un panel, depende fundamentalmente del ángulo de inclinación que forma con la horizontal.

La energía solar fotovoltaica puede ser aplicada en relación a dos tipos fundamentales de situaciones:

- Aislada de la red.
- Conectada a la red.

Instalaciones aisladas de la red.

En el caso de las instalaciones aisladas de la red, lo habitual es utilizar un conjunto de baterías para almacenar la energía eléctrica generada durante las horas de radiación, para su utilización posterior en los momentos de baja o nula insolación.

Para un funcionamiento satisfactorio de la instalación, en la unión de los paneles solares con la batería ha de instalarse un sistema de regulación de carga. Este sistema es siempre necesario, salvo en el caso de paneles autorregulados. El regulador tiene como misión fundamental impedir que la batería continúe recibiendo energía del colector solar una vez que ha alcanzado su carga máxima.

Por último, entre los componentes básicos necesarios se encuentran los convertidores e inversores que son elementos cuya finalidad es adaptar las características de la corriente generada a la demandada por las aplicaciones.

En determinadas aplicaciones que trabajan en corriente continua, no es posible hacer coincidir las tensiones proporcionadas por el acumulador con la solicitada por todos los elementos de consumo. En estos casos la mejor solución es un convertidor de tensión continua-continua.

En otras aplicaciones, la utilización incluye elementos que trabajan en corriente alterna. Puesto que tanto los paneles como las baterías trabajan en corriente continua es

necesaria la presencia de un inversor que transforme la corriente continua en alterna.

Instalaciones conectadas a la red

Dentro de las instalaciones conectadas a la red pueden encontrarse dos casos:

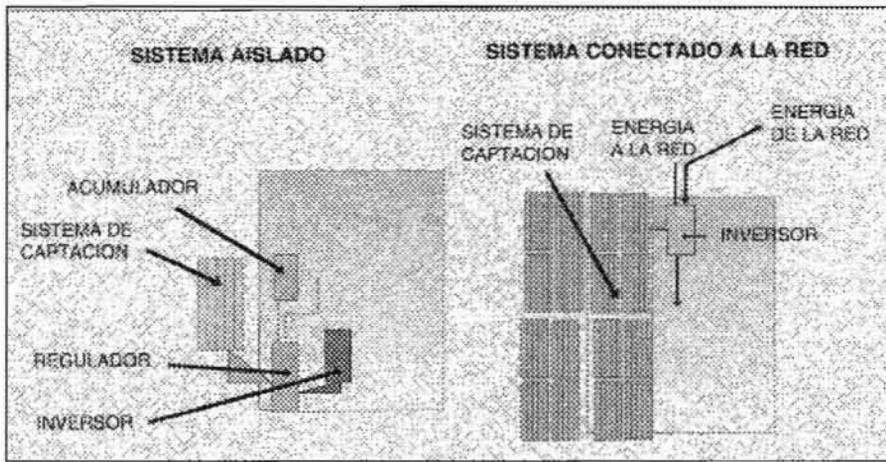
- Centrales fotoeléctricas
- Sistemas fotovoltaicos en viviendas conectadas a la red.

Uno de los aspectos favorables de la energía solar fotovoltaica en conexión a la red, es la posibilidad de generación en ramificaciones terminales de la red de distribución, mejorando la calidad del servicio y cubriendo servicios mínimos en caso de fallo de la red. Adicionalmente la energía producida es máxima en las horas pico, que es cuando más problemas de suministro tienen las compañías eléctricas y el coste de generación es mayor.

En el caso de viviendas conectadas a la red, el tamaño del campo colector está limitado únicamente por las dimensiones del área adecuada del tejado de la vivienda, mientras que en el caso de las centrales eléctricas fotovoltaicas no hay ningún factor limitante, salvo la propia viabilidad de la instalación.

Las instalaciones conectadas a la red no incluyen baterías, ni por tanto, reguladores. Los sistemas se componen únicamente de los módulos fotovoltaicos y el inversor-convertidor. Los módulos fotovoltaicos empleado en este tipo de sistemas son los mismos que en el caso de instalaciones aisladas de la red. Sin embargo, las grandes diferencias aparecen en el tipo de convertidor-inversor empleado.

Tipos de instalación fotovoltaica

**B) LA CÉLULA SOLAR***Introducción*

La célula solar es, sin duda, el dispositivo fotovoltaico más importante para la conversión directa de la energía solar en energía eléctrica. Con este fin, las células solares han sido ampliamente utilizadas en aplicaciones espaciales como generadores casi permanentes de energía, sin ningún costo de funcionamiento y con una alta relación energía / peso, en comparación con otras fuentes de energía. En el momento actual, las aplicaciones terrestres de la célula solar para la generación fotovoltaica de la energía eléctrica están mereciendo una atención creciente, no solo de investigación y desarrollo, sino también de utilización en numerosas aplicaciones. El objetivo de estos esfuerzos es conseguir sistemas fotovoltaicos de conversión al coste más bajo posible, de tal manera que se pueda contribuir, de modo económicamente competitivo, a la necesidad actual de obtención de electricidad a partir de fuentes de energías renovables.

El efecto fotovoltaico en células electroquímicas fue descubierto por Becquerel en 1839, pero hasta 1954 no se tuvo una célula solar capaz de convertir con eficiencia la energía solar en energía eléctrica. Este dispositivo fue desarrollado por Chapin, Fuller y

Pearson y, desde entonces, células similares a aquella se vienen empleando ya, en uso terrestre, para el suministro de energía eléctrica a puntos remotos.

La célula solar

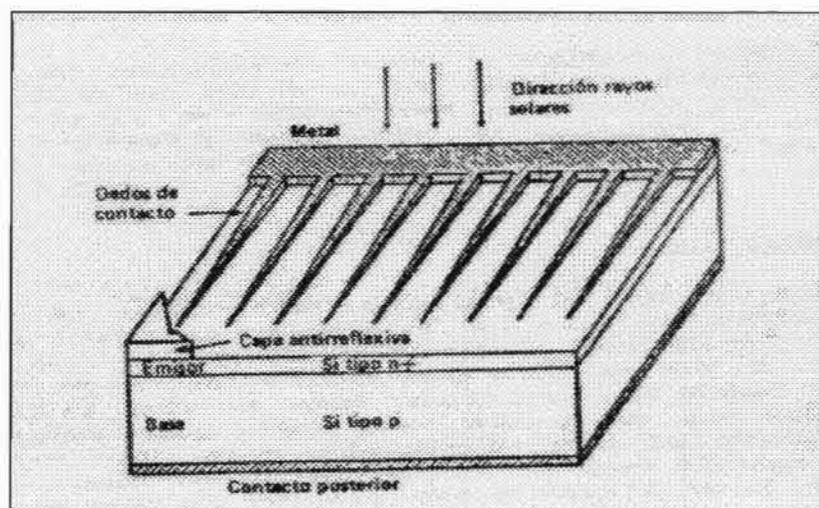
Cuando la luz del sol incide sobre ciertos materiales llamados semiconductores, los fotones que la constituyen son capaces de transmitir su energía a los electrones de valencia del semiconductor para que rompan el enlace que les mantiene ligados a los átomos respectivos. Por cada enlace roto queda un electrón libre para circular dentro del sólido. La falta de electrón en el enlace roto, que se llama hueco, también puede desplazarse libremente por el interior del sólido, transfiriéndose de un átomo a otro debido al desplazamiento del resto de los electrones de los enlaces. Los huecos se comportan, en muchos aspectos, como partículas con carga positiva igual a la del electrón.

El movimiento de los electrones y huecos en direcciones opuestas generan una corriente eléctrica en el semiconductor capaz de circular por el circuito externo y liberar en él energía de la cedida por los fotones al crear los pares electrón-hueco. Para separar los electrones de los huecos, e impedir que restablezcan el enlace, se utiliza un campo eléctrico (o la correspondiente diferencia de potencial), que hace que ambos circulen en direcciones opuestas, dando lugar a una corriente en el sentido del citado campo eléctrico.

Estructura de las células solares

En las células solares convencionales este campo eléctrico se consigue en la unión de dos regiones de un cristal semiconductor, de conductividades de distinto tipo como se ve en la siguiente figura:

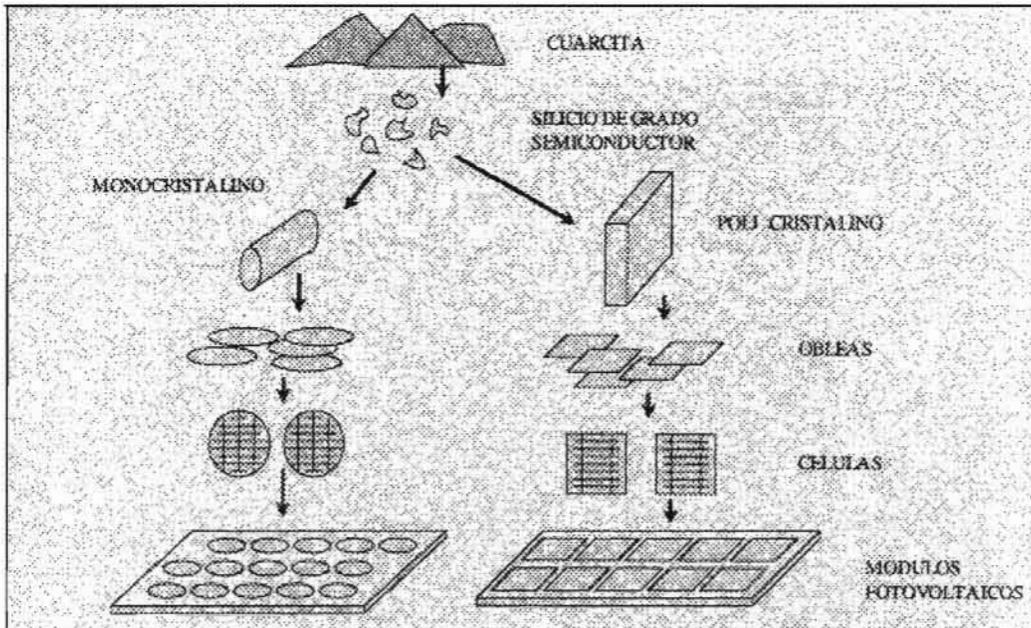
Estructura de una célula de silicio convencional



En el caso de que el material semiconductor sea el silicio, una de las regiones, llamada de tipo n, ha sido impurificada (dopada) con fósforo, que tiene cinco electrones de valencia, uno más que el silicio, y es una región con una concentración de electrones mucho mayor que la de huecos. La otra, llamada de tipo p, ha sido impurificada con boro, que tiene tres electrones de valencia, uno menos que el silicio, y es una región con una concentración de huecos mayor que la de electrones. Las grandes diferencias de concentraciones de electrones y huecos entre ambas regiones crean, para mantenerse, un campo eléctrico dirigido de la región n a la región p, que es el responsable, también, de separar los electrones y huecos extras que se producen cuando la célula está iluminada.

Prácticamente todas las células solares disponibles en la actualidad están constituidas por una unión p-n como la descrita anteriormente. En las células de silicio, que son las más empleadas en la práctica, la unión se consigue difundiendo una capa de fósforo en una oblea de silicio que originalmente está toda ella purificada con boro. La unión es muy superficial, con los valores típicos de anchura de la capa difundida (región n) de 0,2-0,5 μm .

Proceso de fabricación de un colector fotovoltaico



El contacto eléctrico sobre la cara iluminada, que será la cara difundida, ha de hacerse de tal forma que se deje al descubierto la mayor parte de su superficie, a fin de que penetre la luz en el semiconductor, pero proporcionando, a la vez, una baja resistencia eléctrica. La solución de compromiso que suele adoptarse consiste en utilizar contactos en forma de peine, como se ve en la figura anterior. Por contra, el contacto eléctrico sobre la cara no iluminada cubre toda el área.

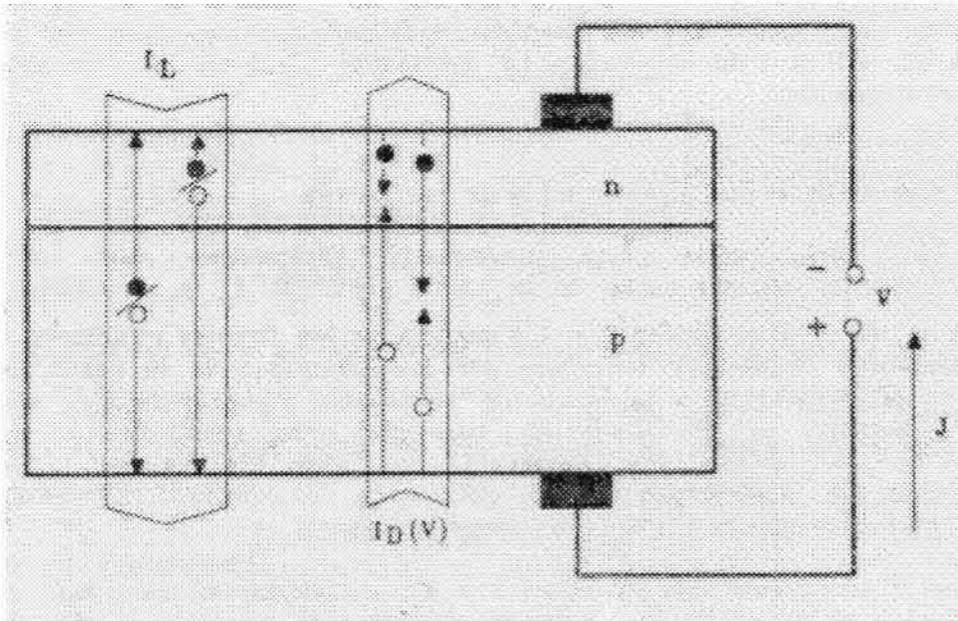
Habitualmente la cara iluminada se cubre también con una capa de material antirreflectante para aumentar el porcentaje de la energía solar absorbida por la célula.

Principio de funcionamiento

Si se ilumina una célula solar que se encuentra conectada a una carga externa, como se indica en la figura, se producirá una diferencia de potencial en dicha carga y una

circulación de corriente que sale al circuito exterior por el terminal positivo y vuelve por la célula por el negativo.

Componentes internas de corriente en una célula solar



En estas condiciones de funcionamiento la célula se comporta como un generador de energía y presenta el máximo interés desde nuestro punto de vista. Los fenómenos que tienen lugar en el interior del dispositivo pueden describirse de la siguiente forma:

- Los fotones que inciden sobre la célula con energía igual o mayor que el ancho de la banda prohibida se absorben en el volumen del semiconductor y generan pares electrón-hueco que pueden actuar como portadores de corriente.
- El campo eléctrico, o la diferencia de potencial, producida por la unión p-n es la causa de la separación y colección de los portadores antes de que puedan recombinarse de nuevo y, por tanto, la causa de la circulación de la corriente por la diferencia de potencial externa, suministrando así la energía de la carga.

- La presencia del voltaje en los terminales del dispositivo produce, como en cualquier dispositivo de unión p-n, fenómenos de interacción y recombinación de pares electrón-hueco, que en la célula solar actúan como pérdidas de recombinación y que son dependientes del mencionado voltaje.

En resumen, la corriente entregada por un diodo semiconductor iluminado a una carga es el resultado neto de dos componentes internas de corriente que se oponen:

- a. La corriente fotogenerada o fotocorriente, I_L , debida a la generación de portadores que produce la iluminación.
- b. La corriente de diodo o corriente de oscuridad, I_D , debida a la recombinación de portadores que produce el voltaje externo necesario para poder entregar energía a la carga.

Admitiendo que la célula responde linealmente a estas excitaciones de iluminación y voltaje (hipótesis cierta en gran número de células prácticas), la corriente neta que circula por el exterior vendrá dada por la suma algebraica de las dos componentes de corriente anteriores.

Tomando como positivas las corrientes de generación, se puede escribir:

$$I = I_L + I_D(V)$$

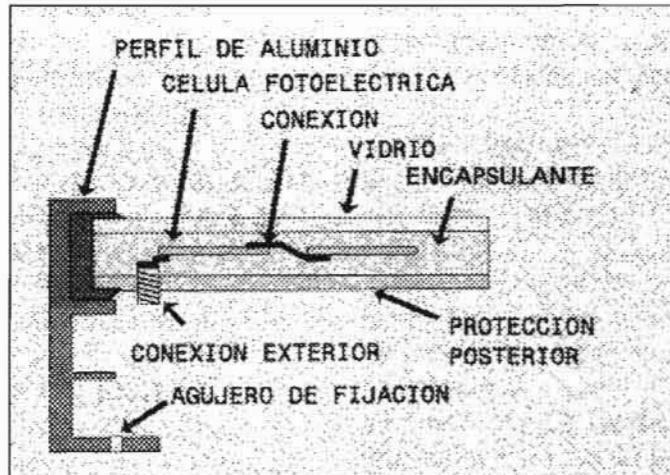
que es la ecuación característica fundamental de la célula solar, válida en todos sus rangos de funcionamiento, incluido el caso en que el dispositivo actúa como un diodo receptor de energía porque la recombinación excede a la generación.

C) SUBSISTEMA DE CAPTACIÓN ENERGÉTICA

Un panel solar está constituido por varias células iguales conectadas en serie y paralelo de forma que la tensión y la corriente suministrada por el panel se incrementan hasta ajustarse al valor deseado. Aparte del conjunto de celdas, el panel tiene otros elementos que hacen posible la adecuada protección del conjunto frente a los agentes exteriores, aseguran una rigidez suficiente posibilitando la sujeción a las estructuras que lo soportan y permiten la conexión eléctrica. Estos elementos son:

- **Cubierta exterior** de vidrio que debe facilitar al máximo la transmisión de la radiación solar.
- **Encapsulante**, generalmente de silicona. Es especialmente importante que no quede afectado en su transparencia por la continua exposición al sol.
- **Lámina o protección posterior** que igualmente deben prestar una gran protección frente a los agentes meteorológicos.
- **Marco metálico** de aluminio o acero inoxidable, que asegure una suficiente rigidez y estanqueidad del conjunto, incorporando los elementos de sujeción a la estructura exterior del panel.
- **Cableado y bornas de conexión**, habituales en las instalaciones eléctricas.
- **Diodo de protección** contra sobrecargas.

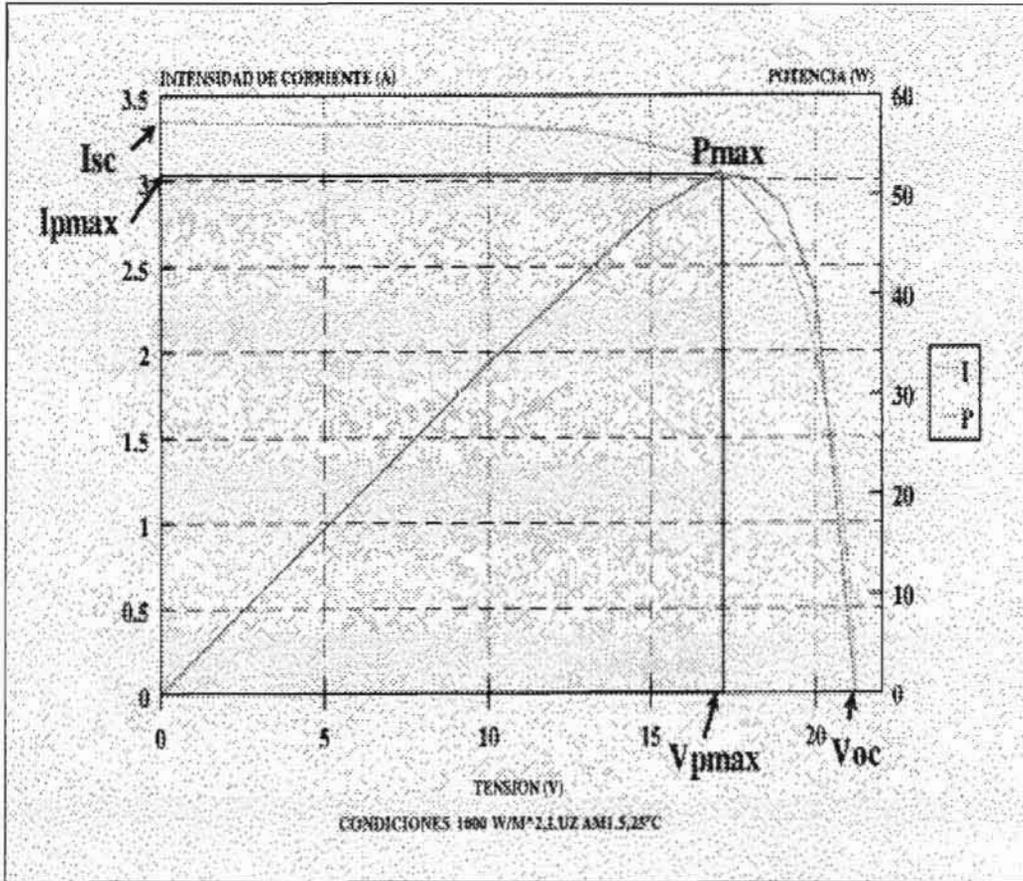
Sección de un panel fotovoltaico



Normalmente los paneles utilizados, están diseñados para trabajar en combinación con baterías de 12V y tienen entre 28 y 40 células, aunque lo más típico es que cuenten con 36. La superficie del módulo puede variar entre 0,1 y 0,5 m² y presenta dos bornas de salida, positiva y negativa y, a veces alguna intermedia para colocar diodos de protección.

El comportamiento y las características eléctricas del módulo fotovoltaico vienen determinados por la curva tensión-intensidad (V-I) del panel. Además de hablar de la potencia pico del módulo es necesario especificar ciertos parámetros de dicha curva característica con el fin de evaluar el tipo de módulo mejor adaptado a la aplicación de que se trate. Estas características del panel, están definidas para unas condiciones estándar de medida, que vienen determinadas por unos determinados niveles de radiación (1KW/m²), temperatura (25°C) y distribución espectral de la radiación incidente. En la siguiente figura se observa la curva de características eléctricas de un panel fotovoltaico:

Curva de características eléctricas de un panel fotovoltaico



Consideraciones:

- Si se cortocircuitan las terminales de un panel ($V=0$) a través del circuito circulará una intensidad de corriente máxima (Isc) denominada corriente de cortocircuito.
- Si se dejan los terminales del panel en circuito abierto ($I=0$), entre ellos aparece una tensión máxima (Voc) llamada tensión de circuito abierto.

Si se conecta una cierta carga eléctrica al panel, el punto de trabajo vendrá determinado por la corriente I y la tensión V existentes en el circuito. Estos habrán de ser menores que los Isc y Voc definidos anteriormente. La potencia (P) que el panel entrega a la carga está determinada por:

$$P = I \cdot V$$

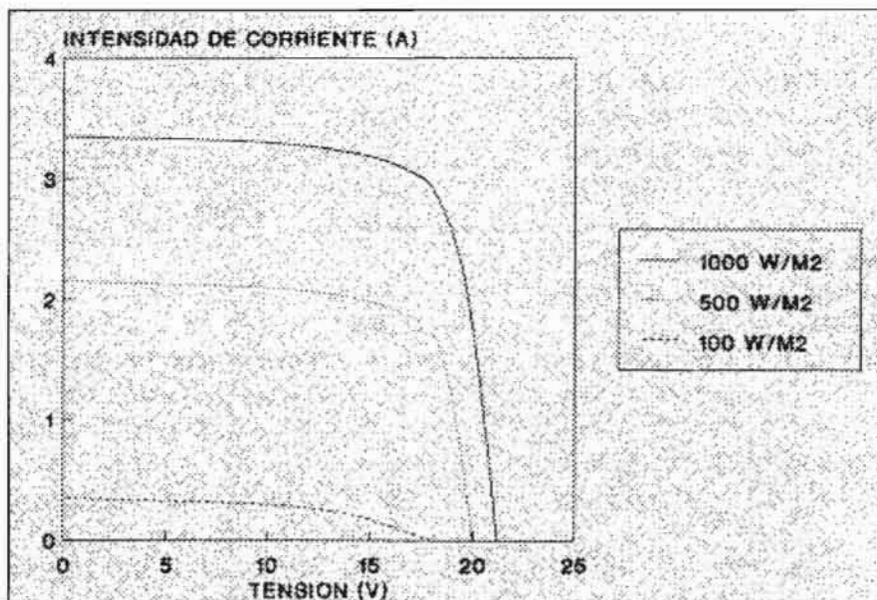
Este producto ha sido representado por una línea de trazo fino de la figura anterior y en función de V . A su valor más alto se le denomina potencia máxima (P_{max}) o más comúnmente potencia pico. Los valores de la corriente y la tensión correspondientes a este punto se conocen respectivamente como:

- corriente en el punto de máxima potencia (I_{pmax})
- tensión en el punto de máxima potencia (V_{pmax})

Una vez conocidos estos parámetros, podemos determinar como afectan diferentes factores a los paneles fotovoltaicos:

1. **Intensidad de la radiación:** según se muestra en la figura que se presenta a continuación, la intensidad aumenta con la radiación, permaneciendo más o menos constante el voltaje. Es importante conocer este efecto, ya que los valores de la radiación cambian a lo largo del día, en función del ángulo del sol con el horizonte, por lo que es importante la adecuada colocación de los paneles solares, existiendo la posibilidad de cambiar su posición a lo largo del tiempo, bien según la hora del día o la estación del año.

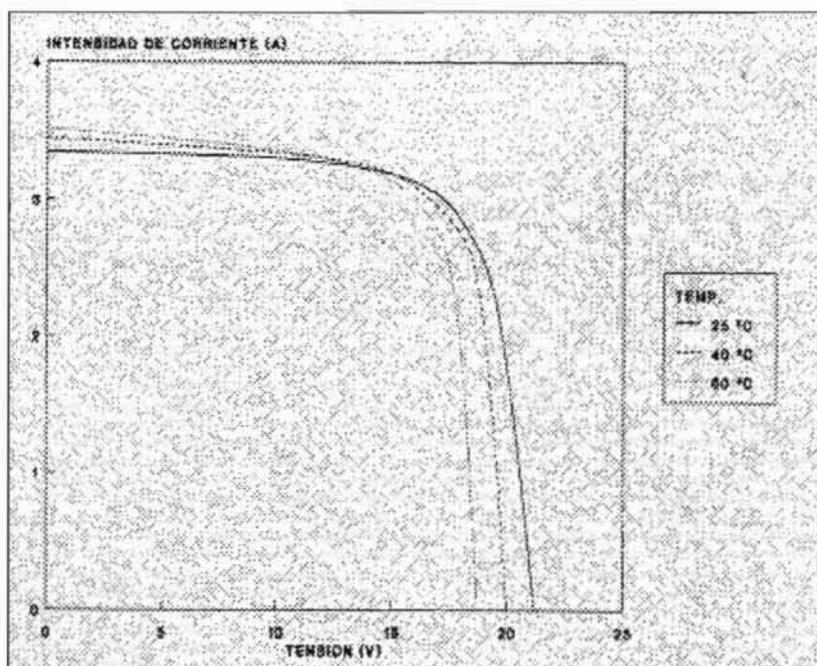
Variación de I-V con la radiación



Un mediodía a pleno sol es equivalente a una radiación de 1000 W/m^2 . Cuando el cielo está cubierto, la radiación apenas alcanza los 100 W/m^2

2. **Temperatura de las células solares:** la exposición al sol de las células provoca su calentamiento, lo que lleva aparejado cambios en la producción de electricidad. Una radiación de 1000 W/m^2 es capaz de calentar una célula unos 30°C por encima de la temperatura del aire circundante. Como se observa en la gráfica que a continuación se expone, a medida que aumenta la temperatura, la tensión generada es menor, por lo que es recomendable montar los paneles de tal manera que estén bien aireados, y en el caso de que sea usual alcanzar temperaturas elevadas, plantearse la instalación con un mayor número de células.

Variación de I-V con la temperatura



3. **Número de células por módulo:** el número de células por módulo afecta principalmente al voltaje, puesto que cada una de ellas produce $0,4\text{V}$. La Voc del módulo o panel aumenta en esa proporción.

Un panel solar fotovoltaico se diseña para trabajar a una tensión nominal V_{np} , procurando que los valores de V_{pmax} en las condiciones de iluminación y temperatura más frecuentes coincidan con V_{np} . Las características principales de los paneles de uso más frecuente oscilan alrededor de los siguientes valores:

- P_{max} . (potencia de pico) : 20-100 W
- Superficie : 0,1-0,5 m²
- I_{sc} : 1,1-6 A
- V_{oc} : 6,5-22,4 V
- I_{pmax} : 1-6 A
- V_{pmax} : 14,5-17 V

El factor orientación

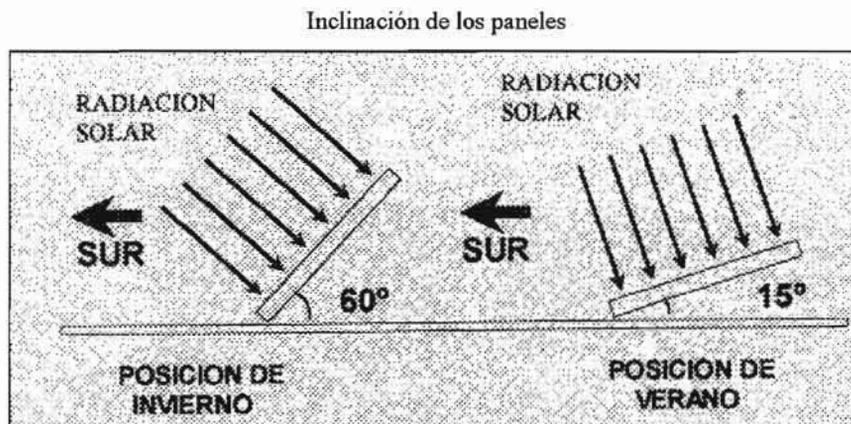
La orientación de los paneles siempre será al sur, al ser la única posición donde aprovecharemos de un modo más completo a lo largo del año la radiación emitida por el sol. Tan sólo en circunstancias especiales o por el efecto de sombras creadas por otros objetos, se podrá variar dicha orientación hacia el este.

La energía que procedente del sol llega a un panel, depende fundamentalmente del ángulo de inclinación que forma con la horizontal. En una instalación real, este ángulo puede adaptar una o varias posiciones a lo largo del año. Si bien esta última posibilidad aumenta la energía recibida en todo el período, en la práctica lo más eficaz es dejarlo en una o dos posiciones dependiendo de la utilización y según los dos tipos de consumo más extendido:

- a. En aplicaciones en que el consumo de energía es relativamente constante a lo largo del año (equipos de comunicación, viviendas habitadas todo el año...), es suficiente con una posición. El ángulo de inclinación de los paneles debe ser de alrededor de 60°.

- b. En aplicaciones en que el consumo de energía es mayor en los meses de verano (riego agrícola, viviendas de fin de semana y vacaciones...) puede ser conveniente considerar

dos posiciones, una de invierno ,con un ángulo de inclinación de 60° , y otra de verano con un ángulo de inclinación de 15° .



No obstante, también es usual adoptar una inclinación fija de 45° o la equivalente a la latitud del lugar, con lo cual se optimizará la producción a lo largo del año, para única inclinación de los módulos.

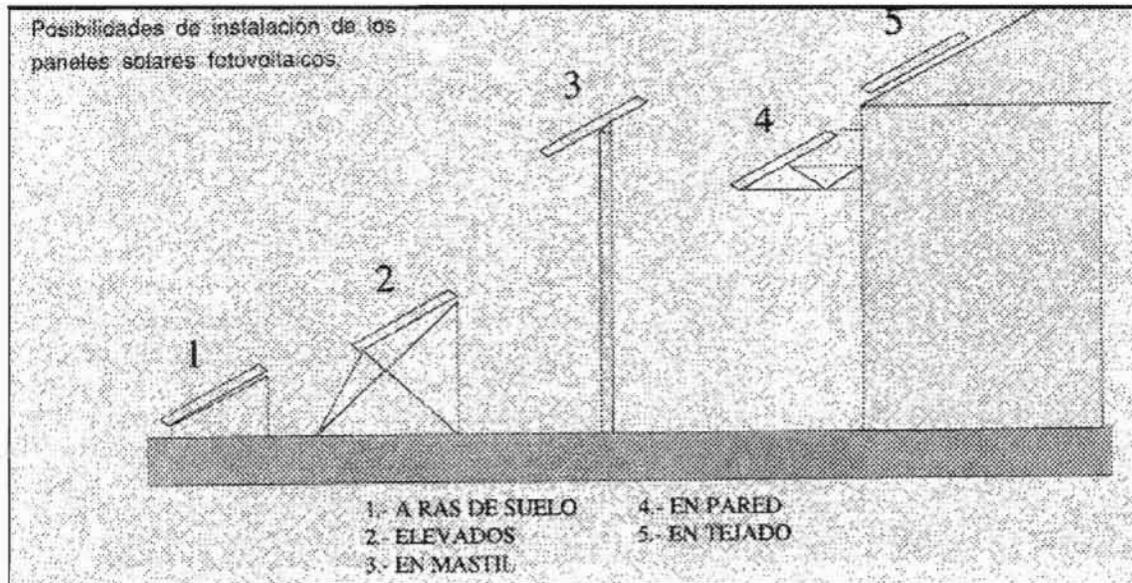
El factor situación

En cuanto a la situación de los paneles fotovoltaicos existen las siguientes posibilidades generales:

- Suelo: es la forma más usual de instalación de grupos de paneles, que presenta grandes ventajas en cuanto a área opuesta al viento, accesibilidad y facilidad de montaje. Sin embargo, es más susceptible de poder quedar enterrado por la nieve, se inunde o sea objeto de rotura por animales o personas.

- Poste: es usual en instalación de pequeña dimensión en donde se disponga previamente de un mástil. Es el tipo de montaje típico de alimentación fotovoltaica de equipos de comunicaciones aisladas.
- Tejado: como forma de instalación de las más usuales al disponer de suficiente espacio. Sin embargo, presenta problemas por cubrimiento de nieve, menor facilidad de orientación al sur .
- Pared: presenta ventajas en cuanto se dispone de buenos puntos de anclaje sobre la edificación construida

Posibilidades de instalación de los paneles solares fotovoltaicos



D) SUBSISTEMA DE ACUMULACIÓN

En las instalaciones fotovoltaicas lo habitual es utilizar un conjunto de baterías para almacenar la energía eléctrica generada durante las horas de radiación, para su utilización posterior en los momentos de baja o nula insolación. Es importante señalar

que la fiabilidad de la instalación global de electrificación, depende en gran medida de la del sistema de acumulación, siendo por ello un elemento al que hay que dar la gran importancia que le corresponde.

De cara a su empleo en instalaciones de electrificación fotovoltaica, es necesario conocer las siguientes expresiones:

- **Capacidad:** es la cantidad de electricidad que puede obtenerse mediante la descarga total de una batería inicialmente cargada al máximo. La capacidad de un acumulador se mide en Amperios-hora (Ah), para un determinado tiempo de descarga, es decir una batería de 130 Ah es capaz de suministrar 130 A en una hora o 13 A en diez horas. Para acumuladores fotovoltaicos es usual referirse a tiempos de descarga de 100 horas.

También, al igual que para módulos solares pueden definirse el voltaje del circuito abierto y el voltaje de carga. Las baterías tienen un voltaje nominal que suele ser de 6, 12 o 24 V, aunque siempre varíe durante los distintos procesos de operación. Es importante el voltaje de carga, que es la tensión necesaria para vencer la resistencia que opone el acumulador a ser cargado.

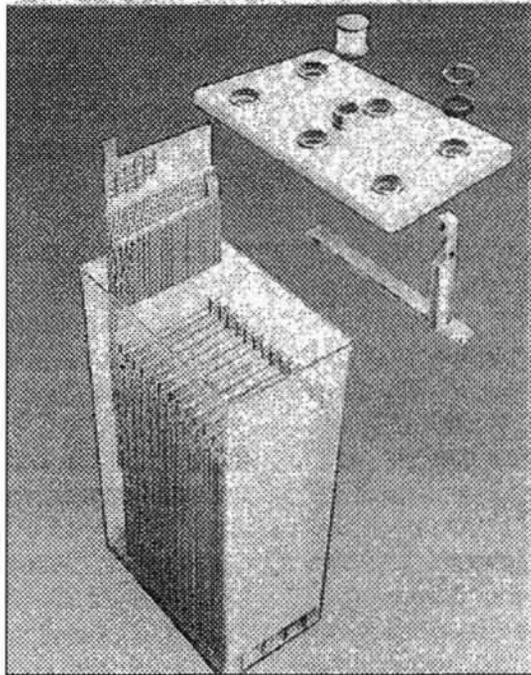
- **Eficiencia de carga:** es la relación entre la energía empleada para cargar la batería y la realmente almacenada. Una eficiencia del 100% significa que toda la energía empleada para la carga puede ser utilizada en la descarga posterior. Si la eficiencia de carga es baja, es necesario dotarse de un mayor número de paneles para realizar las mismas aplicaciones.
- **Autodescarga:** es el proceso por el cual el acumulador, sin estar en uso tiende a descargarse.
- **Profundidad de descarga:** se denomina así al valor en tanto por ciento que se ha sacado de un acumulador plenamente cargado en una descarga. Como ejemplo, si

tenemos una batería de 100 Ah y la sometemos a una descarga de 20 Ah, esto representa una profundidad de descarga del 20%.

A partir de la profundidad de descarga podemos encontrar con descargas superficiales (de menos del 20%) o profundas (hasta el 80%). Ambas pueden relacionarse con ciclos diarios y anuales. Es necesario recalcar que cuanto menos profundos sean los ciclos de carga / descarga, mayor será la duración del acumulador. También es importante saber

que, para la mayoría de los tipos de baterías, un acumulador que queda completamente descargado, puede quedar dañado seriamente y perder gran parte de su capacidad de carga.

Vista interna de una batería de Plomo-ácido



En diferentes fases de desarrollo se encuentran baterías de distintos tipos, algunas de las cuales son:

- Plomo ácido
- Niquel-Cadmio
- Niquel-Hierro
- Niquel-Zinc
- Zinc-Cloro

De todas ellas, más del 90% del mercado corresponde a las baterías de plomo ácido, que en general, y siempre que pueda realizarse un mantenimiento, son las que mejor se adaptan a los sistemas de generación fotovoltaica.

Todas estas baterías pueden presentarse en forma estanca, conocidas como libres de mantenimiento, lo que es beneficioso para algunas aplicaciones. No obstante, presentan una duración limitada frente a acumuladores abiertos, no existen en el mercado acumuladores estancos de alta capacidad y son más caros que las abiertas. El resto de las baterías no presentan en la actualidad características que hagan recomendable su empleo en sistemas de electrificación fotovoltaica.

En relación a las baterías deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

- Instalar las baterías en lugares ventilados, evitando la presencia de llamas cerca de las mismas.
- Ajustar el nivel del electrolito hasta la altura recomendada por el fabricante.
- Una vez conectadas las baterías, las bornas deben cubrirse con vaselina.

D) SUBSISTEMA DE REGULACIÓN

Para un funcionamiento satisfactorio de la instalación, en la unión de los paneles solares con la batería ha de instalarse un sistema de regulación de carga. Este sistema es siempre necesario, salvo en el caso de los paneles autorregulados. El regulador tiene como misión fundamental impedir que la batería continúe recibiendo energía del colector solar una vez que ha alcanzado su carga máxima. Si, una vez se ha alcanzado la carga máxima, se intenta seguir introduciendo energía, se inician en la batería procesos de gasificación (hidrólisis del agua en Hidrógeno y Oxígeno) o de calentamiento, que pueden llegar a ser peligrosos y en cualquier caso, acortarán sensiblemente la duración de la misma.

Otra función del regulador es la prevención de la sobredescarga, con el fin de evitar que se agote en exceso la carga de la batería, siendo éste un fenómeno, que como ya se ha dicho, puede provocar una sensible disminución en la capacidad de carga de la batería en

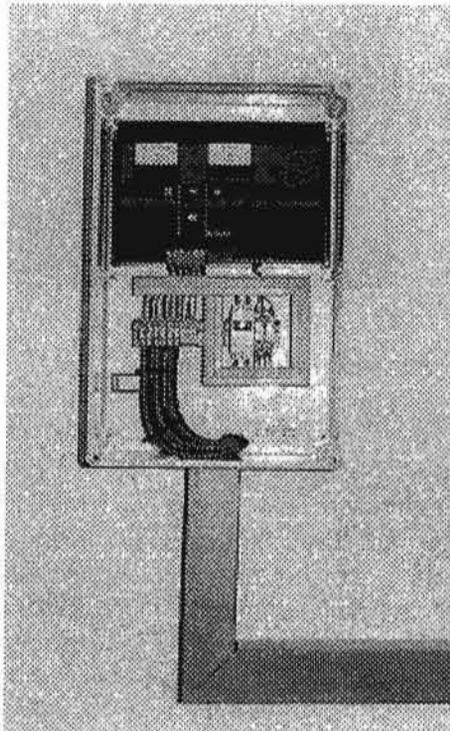
sucesivos ciclos. Algunos reguladores incorporan una alarma sonora o luminosa previa a la desconexión para que el usuario pueda tomar medidas adecuadas, como reducción del consumo, u otras. Los reguladores más modernos integran las funciones de prevención de la sobrecarga y la sobredescarga en un mismo equipo, que además suministra información del estado de carga de la batería, la tensión existente en la misma y van provistos de sistemas de protección tales como fusibles, diodos, etc. para prevenir daños en los equipos debidos a excesivas cargas puntuales.

Las características eléctricas que definen un regulador son su tensión nominal y la intensidad máxima que es capaz de disipar. También existen en el mercado, según se dijo anteriormente, y como un intento de reducir el costo de los sistemas fotovoltaicos, los paneles autorreguladores.

Estos paneles están diseñados para trabajar directamente conectados al subsistema de acumulación y adaptan automáticamente por sí mismos la energía generada una vez que la acumulación ha alcanzado un grado de carga determinado. Es decir, no incorpora ningún elemento especial de regulación y saca provecho de la adaptación natural entre las curvas características del panel y del acumulador en relación a la tensión.

Los sistemas autorregulables son apropiados en instalaciones pequeñas y remotas, de mantenimiento difícil y en situaciones en que la captación se ha dimensionado de manera que es difícil que se produzcan sobrecargas.

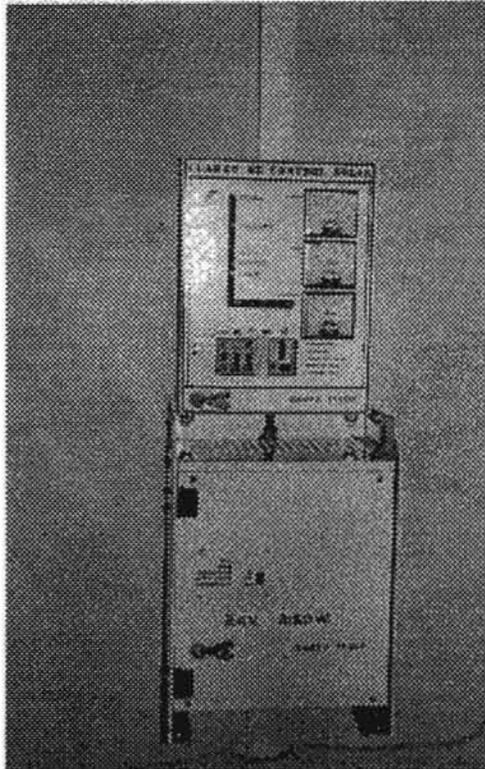
Regulador adecuado para instalación de tamaño pequeño



El regulador debe colocarse en un lugar fácilmente accesible de forma que resulte cómodo utilizar los elementos de control del estado de la instalación que normalmente acompañan a este elemento.

Es necesario que se realice una comprobación del calibrado de la tensión de salida, operación muy sencilla que dependiendo del tipo de regulador realizará el instalador.

Regulador. Cuadro de control



D) SUBSISTEMA DE ADAPTACIÓN DE CORRIENTE

En este apartado, se va a hacer referencia a los convertidores e inversores, elementos cuya finalidad es adaptar las características de la corriente generada a la demandada total o parcialmente por las aplicaciones.

En determinadas aplicaciones que trabajan en corriente continua, no es posible hacer coincidir las tensiones proporcionadas por el acumulador con la solicitada por

todos los elementos de consumo. En estos casos la mejor solución es un convertidor de tensión continua-continua.

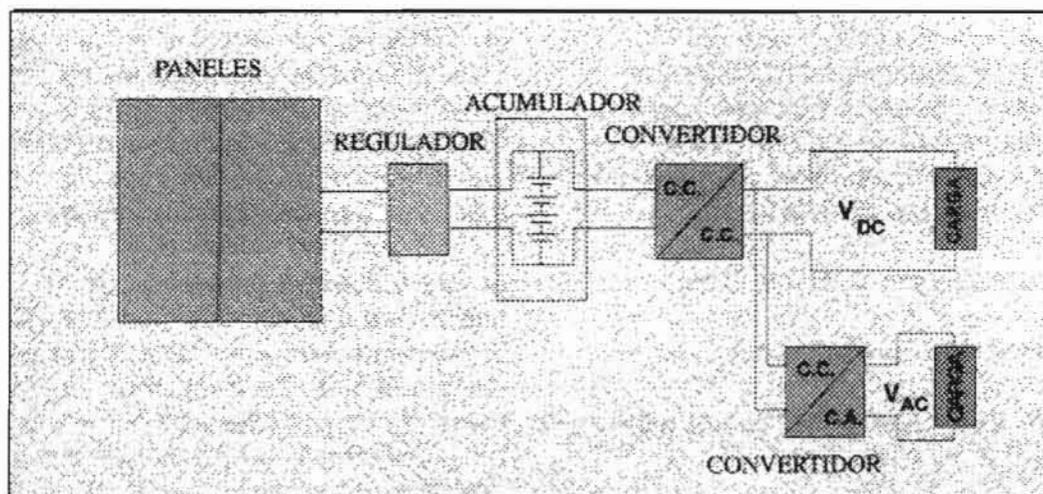
En otras aplicaciones, la utilización incluyen elementos que trabajan en corriente alterna. Puesto que tanto los paneles como las baterías trabajan en corriente continua es necesaria la presencia de un inversor que transforme la corriente continua en alterna.

Un inversor viene caracterizado principalmente por la tensión de entrada, que se debe adaptar a la del generador, la potencia máxima que puede proporcionar y la eficiencia. Esta última se define como la relación entre la potencia eléctrica que el inversor entrega a la utilización (Potencial de salida) y la potencia eléctrica que extrae del generador (Potencia de entrada).

La eficiencia del inversor varía en función de la potencia consumida por la carga. Esta variación es necesario conocerla sobre todo si la carga en alterna es variable a fin de que el punto de trabajo del equipo se ajuste lo mejor posible a un valor promedio especificado. Se considera la eficiencia al 70% de la carga ($\eta = 70$) como el parámetro de eficiencia más significativo del inversor, debiendo de estar por encima del 70% cuando la tensión de entrada al inversor es de 24 V, y por encima del 85% cuando es de 110V.

En la siguiente figura se observa el esquema general de una instalación fotovoltaica.

Esquema general de una instalación fotovoltaica



Otros aspectos importantes que habrán de cumplir los inversores son:

- Deberán tener una eficiencia alta, pues en caso contrario se habrá de aumentar innecesariamente el número de paneles adecuados para alimentar la carga.
- Estar protegidos contra cortocircuitos y sobrecargas.
- Incorporar desconexión automática cuando no se esté empleando ningún equipo de corriente alterna.
- Admitir demandas instantáneas de potencia mayores del 200% de su potencia máxima.
- Cumplir con los requisitos, que para instalaciones de 220 V-AC establece el reglamento de Baja Tensión.

ASPECTOS MEDIAMBIENTALES

El análisis de repercusiones mediambientales del uso de la energía solar fotovoltaica como fuente de energía eléctrica puede comenzar con una comparación de los aspectos más generales que la distingue de otras alternativas de generación de energía eléctrica. En este contexto, comúnmente con otras energías renovables, la energía solar fotovoltaica es, frente a los combustibles fósiles, una fuente inagotable, contribuye al autoabastecimiento energético nacional y es menos perjudicial para el medio ambiente evitando los efectos de su uso directo (contaminación atmosférica, residuos, etc.) y los derivados de su generación (minas, canteras, excavaciones, etc.).

A continuación se mencionan algunos efectos de las principales repercusiones sobre el medio físico y social:

A) APLICACIONES AISLADAS DE LA RED

- **Clima:**

La generación de energía eléctrica directamente a partir del sol no requiere ningún tipo de combustión, por lo tanto no se produce polución térmica directa ni emisiones de CO₂ que favorezcan el efecto invernadero.

- **Geología y geomorfología:**

La mayoría de la células fotovoltaicas comercializadas en la actualidad son de silicio, material obtenido a partir de la arena, muy abundante en la naturaleza y del que no se requieren cantidades significativas. Por tanto, en la fabricación de los módulos fotovoltaicos, como posteriormente en la realización de

las instalaciones, no se producen alteraciones en las características litológicas, topográficas o estructurales del terreno.

- Hidrología y aguas superficiales

No se produce alteración de los acuíferos o de las aguas superficiales ni por consumo, ni por contaminación por residuos o vertidos.

- Suelos:

La incidencia sobre las características fisicoquímicas del suelo o su erosionabilidad es nula ya que no se producen contaminantes, ni vertidos, ni movimientos de tierra, etc.

- Vegetación y fauna

La repercusión sobre la vegetación es nula, y se evita la repercusión que los postes y tendidos eléctricos pueden producir sobre las aves.

- Paisaje:

Las distintas posibilidades de instalación de los paneles, hacen de éstos un elemento fácil de integrar y armonizar en diferentes tipos de estructuras, minimizando su aspecto visual.

Por otra parte, la posibilidad de disponer de energía eléctrica de una manera autónoma en lugares aislados evita la necesidad de alterar el paisaje con postes, líneas eléctricas y otros tipos de obras.

- Ruidos:

El proceso fotovoltaico es absolutamente silencioso, hecho este que representa una clara ventaja para electrificación de viviendas aisladas, frente a los generadores de motor, caracterizados por el elevado nivel de ruidos que producen.

- Medio social:

El suelo necesario para las instalaciones fotovoltaicas con una dimensión media, para las aplicaciones aisladas, no representa una cantidad significativa a considerar como una repercusión negativa de su implantación. Este suelo generalmente contaría con escasas aplicaciones para un uso alternativo. Por otra parte la posibilidad de integrar los paneles en tejados, fachadas, etc., minimiza este efecto.

La energía solar fotovoltaica reúne las mejores condiciones para cubrir las necesidades energéticas en los lugares donde se intenta preservar al máximo las condiciones del entorno, como por ejemplo en los espacios naturales protegidos. La electrificación fotovoltaica de albergues y hoteles de montaña son aplicaciones cada día más extendidas.

B) APLICACIONES CONECTADAS A RED

Las diferencias de impacto entre las instalaciones conectadas a red y las aisladas, se refieren al paisaje, la fauna y el medio social. Las aplicaciones a considerar son las centrales fotovoltaicas de media o gran dimensión y las centrales para mejora de suministro eléctrico en las ramificaciones terminales de la red de distribución.

Teniendo en cuenta que la superficie ocupada por los paneles necesarios para instalar 1kwp oscila aproximadamente entre 6 y 10 m², la ocupación de suelo y el impacto paisajístico deberán tenerse en consideración en las instalaciones medias o grandes.

También deberá considerarse el impacto visual de los postes y tendidos eléctricos así como establecer las medidas oportunas para proteger la avifauna (salvapájaros, etc.). En el caso de las centrales para mejorar el suministro en las ramificaciones terminales de líneas, por tratarse de una línea preexistente no se aumenta el impacto.

ASPECTOS ECONÓMICOS DE LA E.S.F

INTRODUCCION

En este apartado se pretende proporcionar una información básica para conocer el coste aproximado de una pequeña instalación de aplicación de la energía fotovoltaica. Los datos empleados para la elaboración de este capítulo provienen de las informaciones facilitadas por empresas fabricantes o instaladoras de las distintas partes que componen un sistema fotovoltaico. Debe tenerse en cuenta que los datos que se muestran son datos medios para una instalación en que no existan obras o elementos singulares que obliguen a realizar montajes específicos o a incorporar equipos especiales.

En general se consideran exclusivamente los equipos correspondientes al generador eléctrico fotovoltaico sin intervernir en esta valoración los factores económicos correspondientes a los equipos de utilización, ya que, según la fuente energética empleada, pueden experimentar sensibles variaciones.

No se pretende en este capítulo proporcionar un método rápido para elaborar un presupuesto y un estudio económico, sino dar una primera aproximación de coste, que servirá de orientación a los potenciales usuarios de las instalaciones fotovoltaicas.

COSTE DE LOS DIFERENTES ELEMENTOS DE UNA INSTALACION FOTOVOLTAICA

A efectos de cálculo de costes se ha dividido la instalación en cuatro subsistemas o tipos de elementos que componen el caso más general de aplicación fotovoltaica. Estos elementos son los siguientes:

- Captación Energética
- Reguladores
- Acumuladores
- Inversores

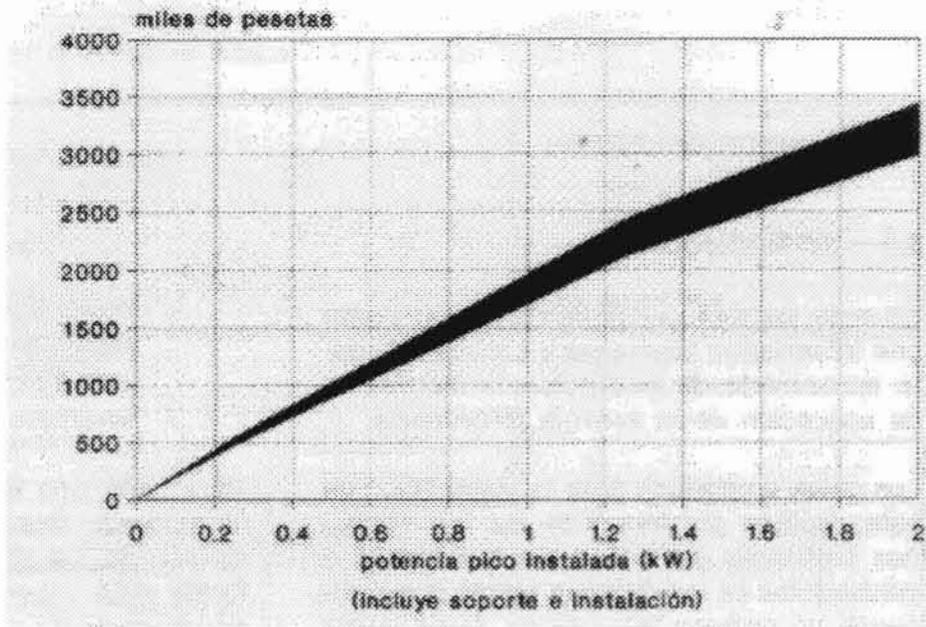
Para cada uno de estos elementos se ha incorporado una estimación del coste, en función de los parámetros que influyen de forma mas importante en el mismo, independientemente que puedan existir otros no tenidos en cuenta.

Los costes indicados corresponden a una instalación en que no existan dificultades especiales, es decir, se presenten unas condiciones buenas en cuanto a su ubicación y relativas a las características del acceso y distancias. Los costes correspondientes a ingeniería, montaje, cables, elementos auxiliares... siempre que se den unas condiciones buenas y no existan particularidades de importancia, están incluidas entre los diferentes conceptos.

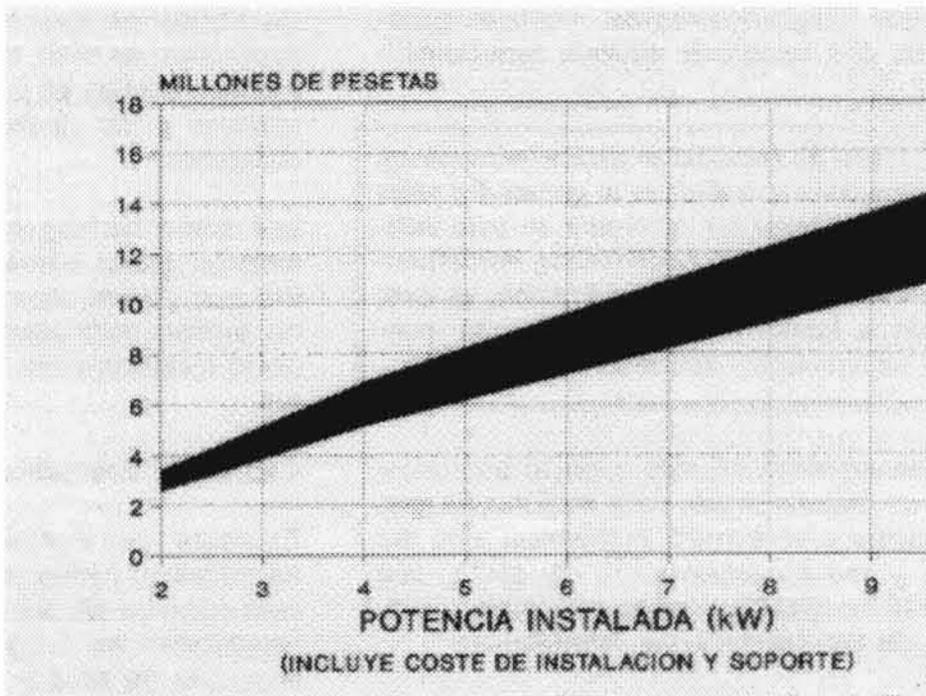
Captación energética.

El coste del conjunto de los módulos fotovoltaicos correspondientes a una instalación se representan en las 2 figuras siguientes, referidas cada una de ellas a un rango diferente de potencia. En ambos casos este coste se incluye como un intervalo ya que puede existir una variación dependiendo de múltiples parámetros y entre ellos ubicación de la instalación, condiciones de montaje, etc... Este coste incluye el suministro de los módulos y la estructura soporte y accesorios, sin incluir mástiles u otros posibles sistemas especiales.

Módulos fotovoltaicos. Precios medios estimados



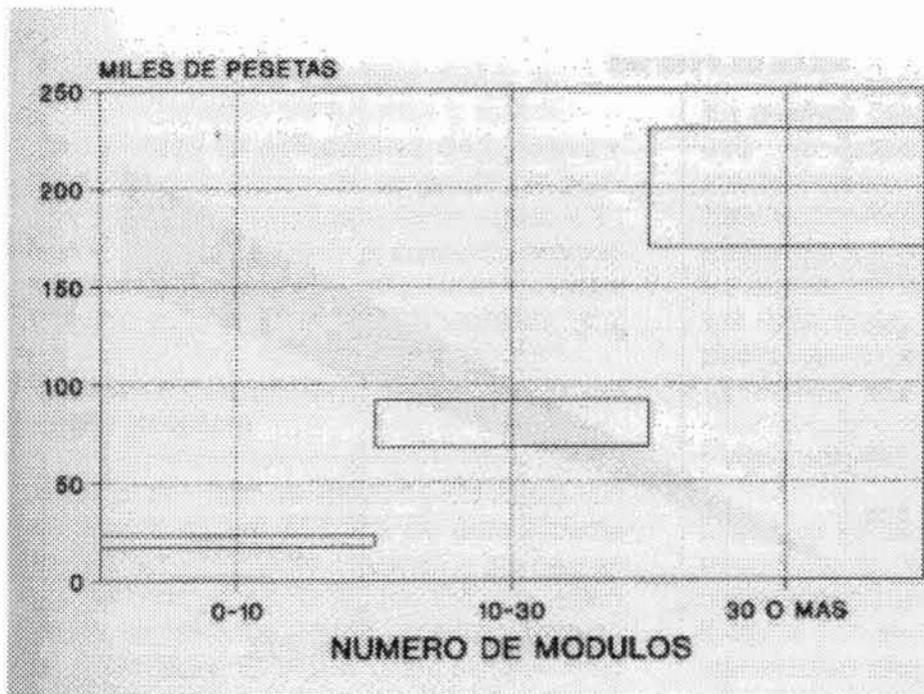
Módulos fotovoltaicos. Precios medios estimados



Regulador

El coste del regulador correspondiente a una instalación aparece en la figura que a continuación se expone. Como se puede observar existen tres escalones, dependiendo del número de módulos y para cada uno de los cuales se puede incorporar el mismo tipo de equipo. A su vez dentro de cada escalón existe un intervalo dependiendo de los elementos auxiliares para la operación y que en muchos casos son de gran utilidad o incluso imprescindibles dependiendo de la aplicación.

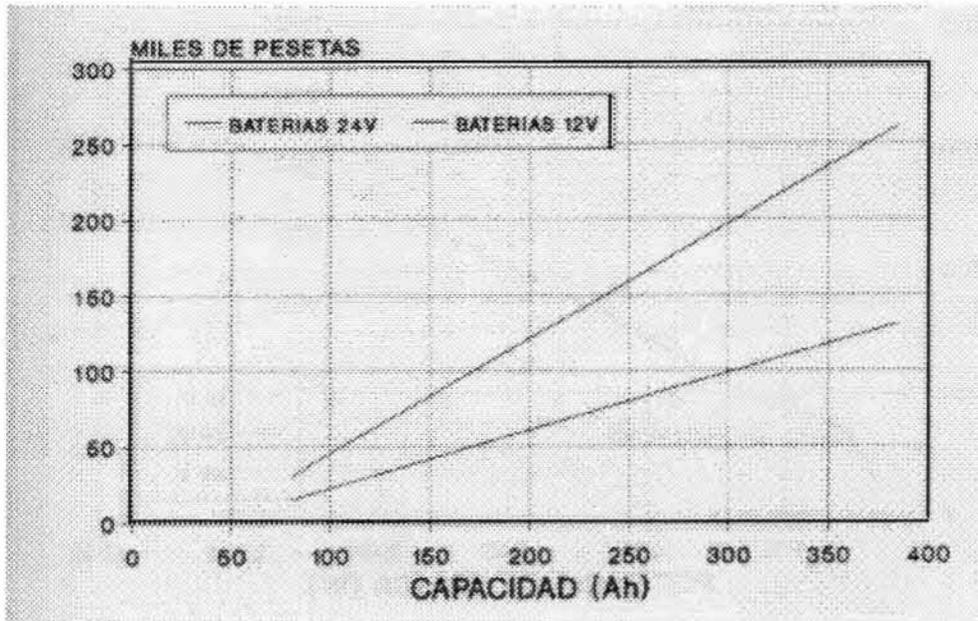
Regulador. Precios medios estimados



Acumuladores

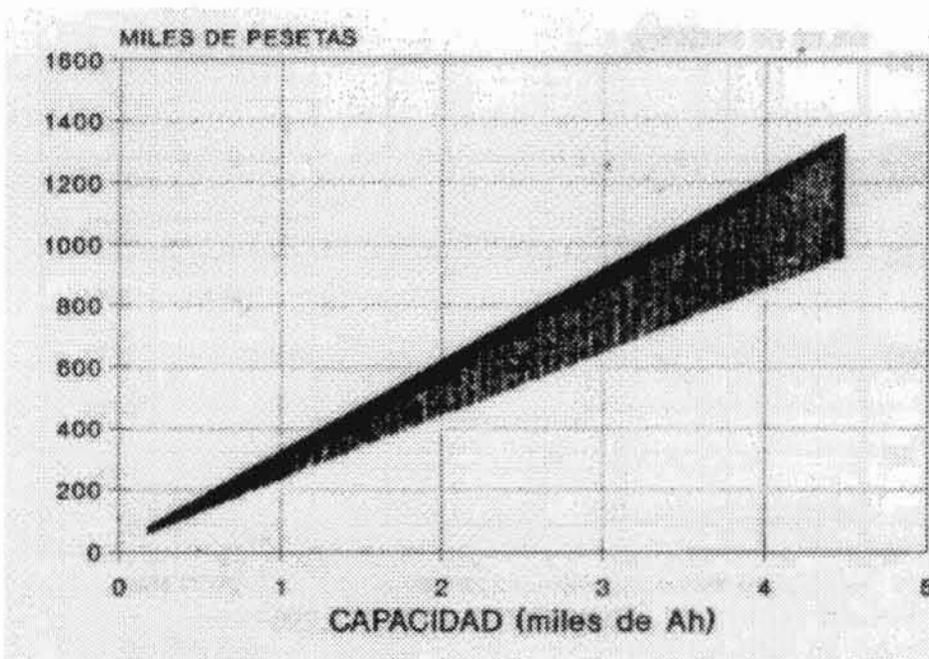
Los costes de los acumuladores estacionados aparecen reflejados en las dos gráficas siguientes, según se trate de equipos "monoblock", adecuados para pequeñas instalaciones o equipos configurados por elementos, adecuados para mayores capacidades.

Acumuladores tipo monoblock estacionarios. Precios medios estimados



Esta primera gráfica representa el coste, incluido montaje, elementos auxiliares, etc... correspondiente a un equipo (12 Voltios) o dos equipos en serie (24 Voltios). La figura de abajo representa como un intervalo el coste de los elementos necesarios para proporcionar la intensidad indicada a 12 Voltios. La variación dentro de este intervalo dependerá si se trata de equipos transparentes o translúcidos, coste de transporte y montaje...

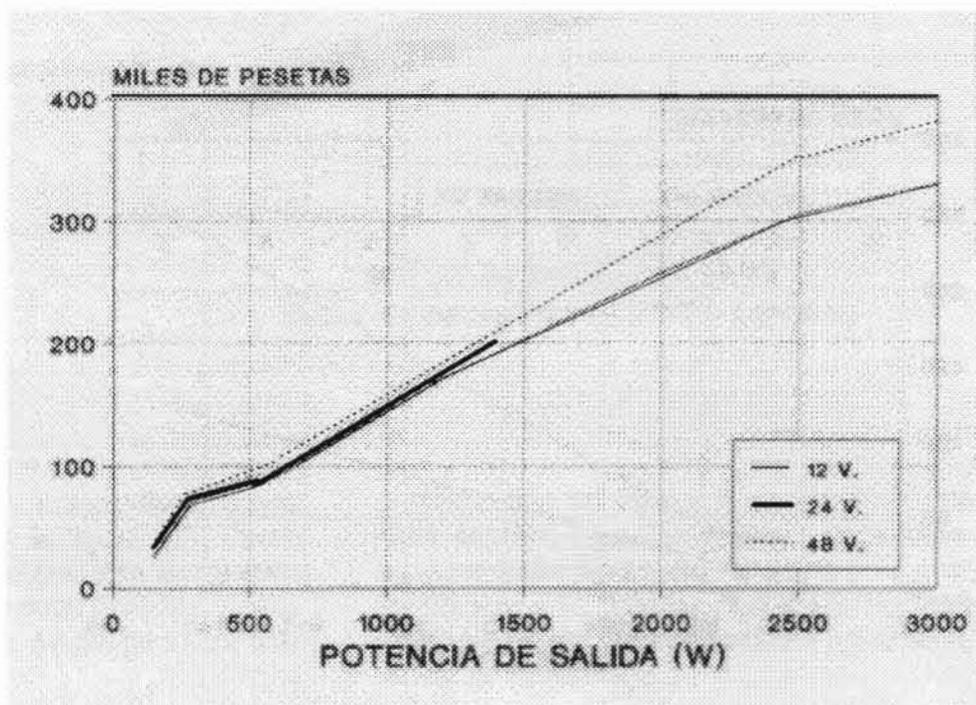
Acumuladores modulares. Precios medios estimados



Inversores

El coste del inversor para la transformación a corriente alterna a 220 Voltios aparece reflejada en la siguiente gráfica, en función de la potencia. Como se puede observar para rangos pequeños se produce un cierto intervalo de estabilización debido a la modularidad de los equipos.

Inversores. Costes medios estimados

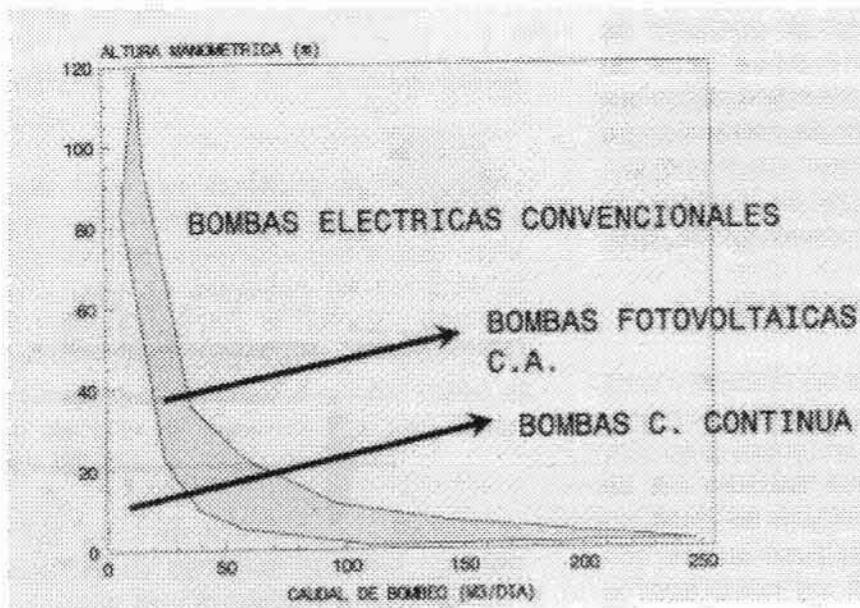


Para completar la información básica referida a la generalidad de las instalaciones, a continuación se incluyen datos complementarios o suplementarios dependiendo de la instalación:

* Aplicaciones de bombeo

Para el caso de aplicaciones exclusivamente de bombeo dentro del rango de las bombas fotovoltaicas indicado en la figura siguiente, el coste correspondiente al conjunto inversor-bomba suele estar comprendido entre 400.000-500.000 pesetas por unidad.

Tipos de bombas según caudales y profundidades

*** Aplicaciones profesionales de muy pequeña potencia**

Cuando se trata de módulos de captación de menos 40 Wp el coste de este sistema variará sensiblemente respecto a los que se podían extraer de la primera figura de este apartado económico. En estos casos, empleando desde, aproximadamente, 4 Wp hasta 25 Wp el coste del elemento captador puede oscilar entre 2.000 pts/Wp y 3.000 pts/Wp dependiendo de la potencia unitaria y del número de elementos a suministrar.

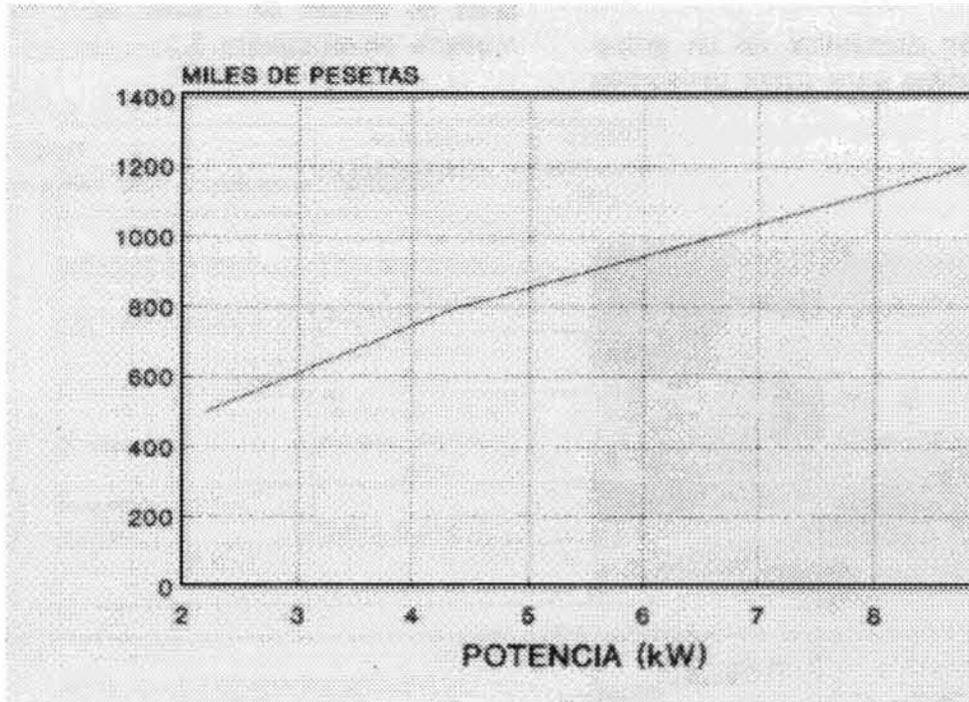
En muchos casos en este tipo de aplicaciones no es posible prestar un servicio de mantenimiento continuado por lo que se precisa incorporar acumuladores sin mantenimiento en los cuales el electrolito es un gel. Su capacidad es menor y su vida útil suele ser más corta. El coste de estos equipos puede oscilar entre 500 y 600 pts/Ah. para 12 Voltios.

*** Aplicaciones en conexión a la red**

Como ya se ha indicado en el apartado correspondiente, en estas aplicaciones es necesario incorporar inversores especiales. En la figura que a continuación se presenta,

se indica cual puede ser aproximadamente el coste de este equipo, en función de la potencia. Los sistemas de captación que se emplean en este tipo de instalación son los mismos que en el caso de aplicaciones aisladas de la red.

Inversores para conexión a la red. Precios medios estimados



CALCULO ESTIMADO DE COSTES DE INVERSION

A partir de los datos suministrados en el apartado anterior, es posible valorar de forma aproximada el coste total de una instalación. Para ello puede emplearse la ficha que aparece en el cuadro 1 para estructurar los datos y componer el coste aproximado final.

DATOS PREVIOS

APLICACION:
 LOCALIDAD:
 PROVINCIA:

CARACTERISTICAS DE LA INSTALACION

TENSION NOMINAL DE TRABAJO (T_n): V
 NUMERO TOTAL DE PANELES (N_p): paneles
 POTENCIA MODULOS DE CAPTACION ($P_{max} \times N_p$): Wp
 CAPACIDAD TOTAL DE ACUMULACION ($C_{100} \times N_b$): Ah
 POTENCIA DE SALIDA DEL INVERSOR: W

CALCULO DE LA INVERSION

ELEMENTO	VARIABLE CARACTERISTICA	COSTE ESTIMADO (PTS)
Subsistema de captación	Watts por instalados	
Subsistema de regulación	Nº de módulos Fotovoltaicos instalados	
Subsistema de acumulación	Ampetros hora instalados	
Inversor	Tensión nominal de la instalación. Potencia de salida	
Inversor para conexión a la red	Potencia de salida	
TOTAL		

RATIO INVERSION/POTENCIA INSTALADA..... Pts/Wp

Cuadro 1

Para analizar el cálculo de costes de distintos tipos de instalaciones se muestran a continuación las fichas correspondientes a algunos de los ejemplos tratados en el capítulo de dimensionado.

Ejemplo 1. Electrificación de un grupo de viviendas:

El ejemplo contemplado presenta las siguientes características.

- Electrificación doméstica de un grupo de 10 viviendas para cubrir consumos de iluminación, electrodomésticos, televisor y sistema de ordeño.
- Para cubrir las necesidades se cuenta con el siguiente equipamiento.
 - 90 módulos fotovoltaicos de 40 Wp cada uno, lo que hace un total de 3.600 Watios-pico instalados para el campo colector.
 - Un sistema de acumulación formado por una batería modular de 24 V y 2.500 Ah
 - Un regulador provisto de distintos sistemas electrónicos para control de carga y descarga.
 - Un convertidor de 24 V de corriente continua, de tensión nominal de entrada y salida de 500 W a 220 V de corriente alterna.

A partir de estos datos y con la información suministrada en cuanto al coste de cada elemento de la instalación, puede rellenarse la ficha de cálculo de costes, tal y como se muestra en el cuadro 2.

DATOS PREVIOS

APLICACIÓN: Electrificación de 10 viviendas

LOCALIDAD: Puebla Del Rio

PROVINCIA: Sevilla

CARACTERISTICAS DE LA INSTALACION

TENSION NOMINAL DE TRABAJO (Tr): V

NUMERO TOTAL DE PANELES (Ntp): paneles

POTENCIA MODELOS DE CAPTACION (Pmax x Ntp): Wp

CAPACIDAD TOTAL DE ACUMULACION (C(100) x Nbt): Ah

POTENCIA DE SALIDA DEL INVERSOR: W

CALCULO DE LA INVERSION

ELEMENTO	VARIABLE CARACTERISTICA	COSTE ESTIMADO (PTES)
Subsistema de captación	Wattios pico instalados	580000
Subsistema de regulación	Nº de módulos Fotovoltaicos instalados	22000
Subsistema de acumulación	Amperios hora instalados	132000
Inversor	Tensión nominal de la instalación, Potencia de salida	8000
Inversor para conexión a la red	Potencia de salida	
TOTAL		742000

RATIO INVERSION/POTENCIA INSTALADA: Pts/Wp

Cuadro 2

Ejemplo 2. Electrificación de vivienda rural aislada.

Este ejemplo, consistente en la electrificación de una vivienda rural aislada, con seis puntos de luz y toma para un televisor o pequeños electrodomésticos, en corriente continua, presenta las siguientes necesidades.

- Tres módulos fotovoltaicos de 40 Watios-pico cada uno, lo que representa 120 Watios-pico instalados en el campo colector.
- Un sistema de acumulación formado por una batería monoblock de 12 V y 140 Ah de capacidad.
- Un regulador con indicación del estado de las baterías y del estado de carga.

Por no existir consumos en corriente alterna no es necesaria la instalación de un inversor.

La estimación de los costes para cada una de estas partidas se muestra en el cuadro 3.

DATOS PREVIOS

APLICACION: Electrificación de vivienda rural aislada

LOCALIDAD: Almazán

PROVINCIA: Soria

CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACION

TENSION NOMINAL DE TRABAJO (Tn): V

NUMERO TOTAL DE PANELES (Np): paneles

POTENCIA MODULOS DE CAPTACION (Pmax x Np): Wp

CAPACIDAD TOTAL DE ACUMULACION (C100 x Nbr): Ah

POTENCIA DE SALIDA DEL INVERSOR: W

CALCULO DE LA INVERSION

ELEMENTO	VARIABLE CARACTERISTICA	COSTE ESTIMADO (PTS)
Subsistema de captación	Wattios pccu instalados	27000
Subsistema de regulación	Nº de módulos Fotovoltaicos instalados	20000
Subsistema de acumulación	Amperios hora instalados	40000
Inversor	Tensión nominal de la instalación, Potencia de salida	...
Inversor para conexión a la red	Potencia de salida	...
TOTAL		134000

RATIO INVERSION/POTENCIA INSTALADA: Pts/Wp

Cuadro 3

Ejemplo 3. Sistema de bombeo.

Como ejemplo de sistema de bombeo se ha elegido una instalación provista de una bomba fotovoltaica de corriente alterna con una potencia de 575 W, capaz de suministrar 20 m³ diarios de agua, desde una profundidad de 33 metros, para su uso en una explotación agropecuaria.

Para el funcionamiento de la instalación son necesarios:

- 24 módulos fotovoltaicos de 50 Watios-pico cada uno, lo que representa 1.200 Watios-pico instalados en el campo colector.

El coste de la bomba fotovoltaica (400.000500.000 ptas.) incluye el inversor, ya que dadas las características del sistema, no se requiere el empleo de baterías, ni por tanto de regulador. El único coste que ha de reflejarse en la ficha de cálculo de costes es del subsistema de captación.

La estimación de los costes para cada una de estas partidas se muestra en el cuadro 4.

DATOS PREVIOS

APLICACION: Bombeo

LOCALIDAD:

PROVINCIA: Ciudad Real

CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACION

TENSION NOMINAL DE TRABAJO (T_{tr}) V

NUMERO TOTAL DE PANELES (N_p) paneles

POTENCIA MODULOS DE CAPTACION ($P_{mas} \times N_p$) Wp

CAPACIDAD TOTAL DE ACUMULACION ($C_{100} \times N_{st}$) Ah

POTENCIA DE SALIDA DEL INVERSOR W

CALCULO DE LA INVERSION

ELEMENTO	VARIABLE CARACTERISTICA	COSTE ESTIMADO (PTS)
Subsistema de captación	Watts pico instalados	2600000
Subsistema de regulación	Nº de módulos Fotovoltaicos instalados	...
Subsistema de acumulación	Ampereos hora instalados	...
Inversor	Tension nominal de la instalacion. Potencia de salida	...
Inversor para conexión a la red	Potencia de salida	...
TOTAL		2600000

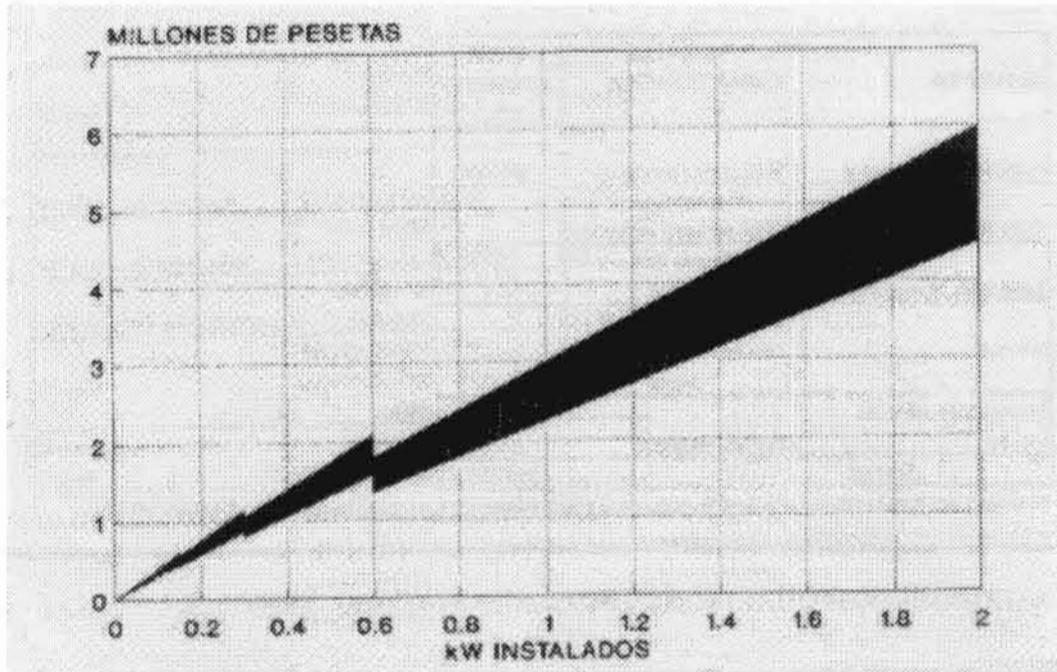
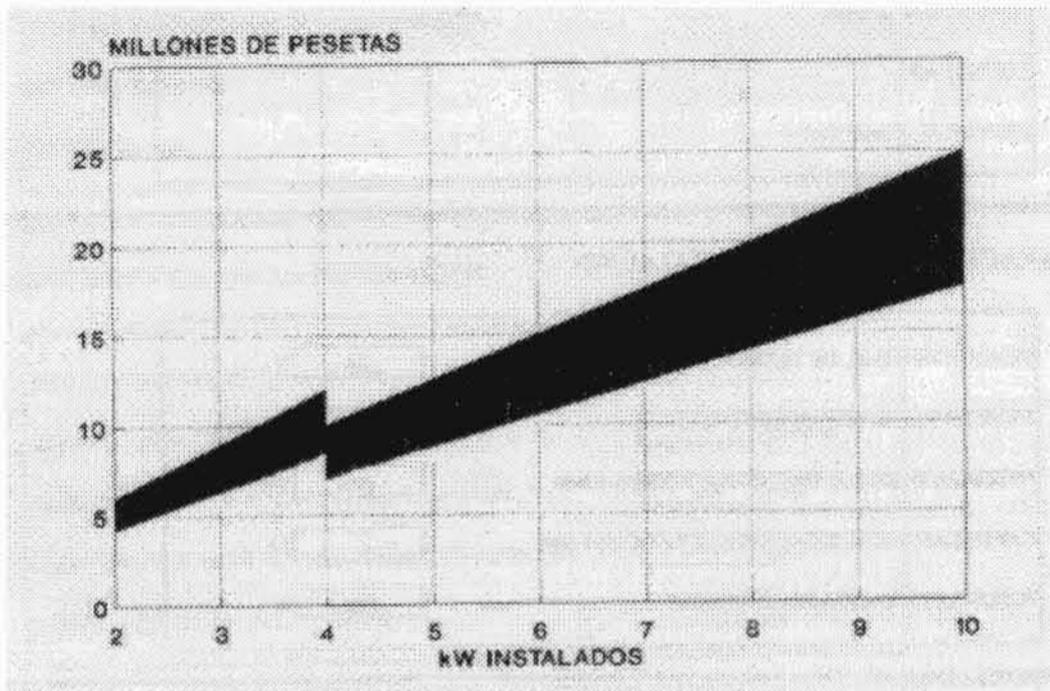
El sistema de bombeo fotovoltaico lleva incluido en su precio el inversor y por tanto no está incluido en este cálculo

RATIO INVERSION/POTENCIA INSTALADA Pts/Wp

Cuadro 4

COSTE DEL KW INSTALADO EN E.S.F.

Para instalaciones en que no existan requerimientos especiales de seguridad en el suministro y en las que no sea necesario disponer de acumuladores dimensionados para largos periodos de tiempo (repetidores, aplicaciones remotas ...), en las dos figuras siguientes aparece el coste total aproximado en función de la potencia en los paneles de captación; en la primera para $P > 2\text{KW}$ y la segunda para $P < 2\text{KW}$:

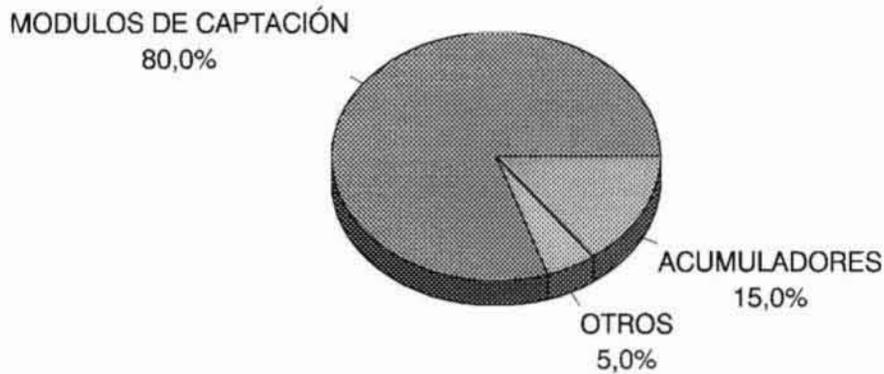


Según se refleja en esta figura el coste medio variará según intervalos de potencia de los módulos, en correspondencia con las circunstancias concretas que se presentan en cada situación, de la siguiente forma:

- De 1 a 3 paneles; coste total aproximado entre 4.000 pts/W y 2.800 pts/W
- De 3 a 6 paneles; coste total aproximado entre 3.800 pts/W y 2.700 pts/W
- De 6 a 12 paneles; coste total aproximado entre 3.500 pts/W y 2.500 pts/W
- De 12 a 80 paneles; coste total aproximado entre 3.000 pts/W y 2.100 pts/W
- De 80 paneles en adelante; coste total aproximado entre 2.500 pts/W y 1.800 pts/W

En la siguiente figura se observa el reparto porcentual aproximado de los costes de inversión según diferentes conceptos:

DESGLOSE DEL COSTE MEDIO DE UNA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA



LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN CANARIAS

A) POSIBILIDADES DE DESARROLLO:

El mercado de la energía solar fotovoltaica en Canarias se ha desarrollado principalmente en la electrificación rural y el alumbrado público. La electrificación rural de viviendas aisladas ha sido hasta el momento la principal aplicación, pudiéndose estimar que aproximadamente supone el 90% de la potencia instalada. El alumbrado público con farolas está siendo la segunda aplicación por las instalaciones realizadas sobre todo en la isla de la Palma.

También se han realizado instalaciones para otro tipo de aplicaciones como son sistemas de bombeo, explotaciones agrícolas, sistemas mixtos, sistemas de señalización y ayudas a la navegación, sistemas de toma de datos, estaciones repetidoras, etc.

La electrificación rural se ha realizado con instalaciones de potencia entre 100 y 250 Wp en sistemas descentralizados. El mercado de la electrificación rural de viviendas aisladas es un mercado restringido que probablemente irá reduciendo su importancia relativa (granjas ganaderas, bombeos agrícolas, etc...) a medida que el sector fotovoltaico vaya desarrollándose.

Existen otros mercados a desarrollar que pueden significar un importante potencial en Canarias, entre los que cabe destacar:

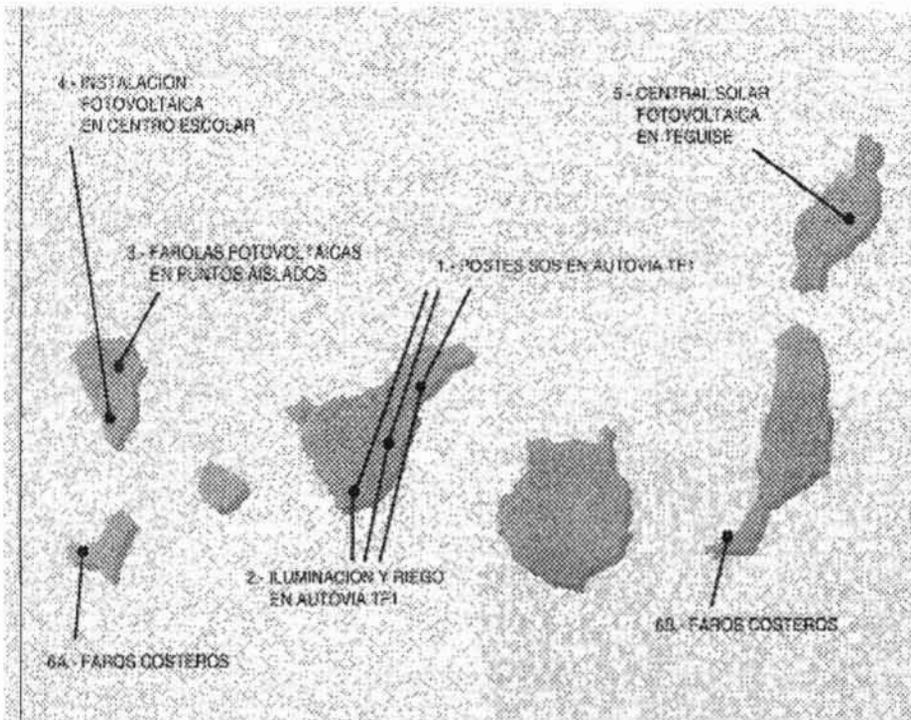
- telecomunicaciones;
- depuración de aguas residuales;
- sistemas de bombeo;
- aplicaciones agrícolas.

Hay que considerar también la posibilidad de instalaciones en viviendas conectadas a red, de las que empieza a surgir algunas iniciativas en la Península y en las Islas Canarias. Concretamente, desde hace muy poco, se encuentra en la isla de La Palma una instalación de este tipo, cofinanciada por la Consejería de Industria y Comercio y Unelco.

Aparte de estos campos de aplicación generales, surgen o pueden surgir proyectos aislados o nuevas aplicaciones como sistemas de detección de incendios, instalaciones con fines docentes, etc.

B) DESCRIPCIÓN DE EJEMPLOS DE INSTALACIONES DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN CANARIAS

A continuación se describen algunas de las instalaciones de energía solar fotovoltaica existentes en Canarias. En el mapa que figura a continuación se muestra la localización de los mismos.



EJEMPLO N°1: POSTES DE S.O.S. EN AUTOVÍA DEL SUR**LOCALIZACIÓN**

- Término Municipal: Varios - Autovía TF-1
- Isla: Tenerife
- Provincia: Santa Cruz de Tenerife
- Tipo de instalación: Alimentación de energía fotovoltaica a postes de S.O.S.
- Usuario de la energía: Gobierno de Canarias

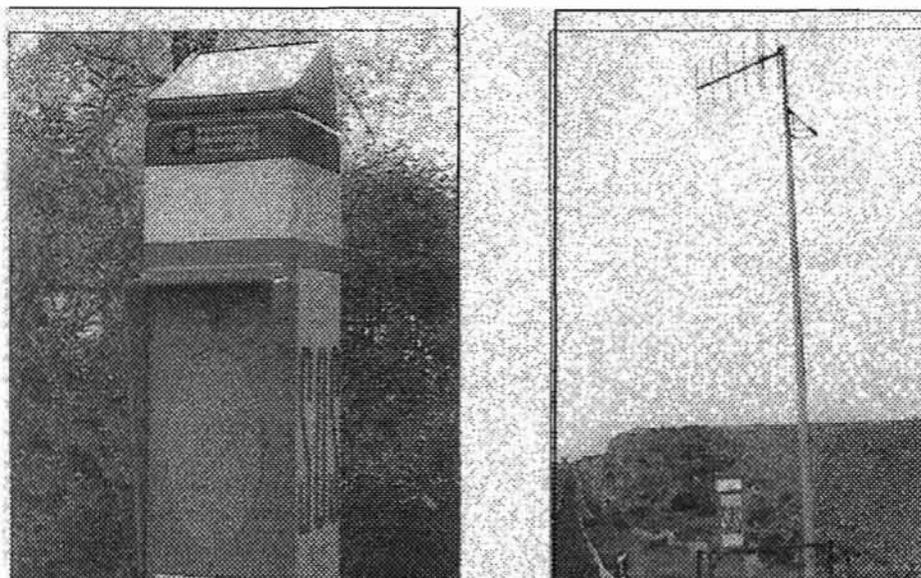
DESCRIPCIÓN**General**

Las dificultades existentes en la red Nacional de carreteras, respecto a la comunicación y señalización de incidencias, y la imposibilidad de contar con trazados eléctricos colindantes con las mismas, abre un importante mercado para la energía fotovoltaica en suministros para este sector.

Ya se cuenta con experiencia en la alimentación con paneles fotovoltaicos de postes de S.O.S., generándose y acumulándose la energía necesaria para establecer comunicación con los centros de control.

Los sistemas empleados hasta ahora son de dos tipos, en uno de ellos el panel fotovoltaico está integrado en la antena de comunicación y en otro el panel se integra al propio poste de S.O.S.

Tanto unos como otros suelen estar equipados con un panel de 20 Wp. Las baterías son de plomo estanco sin mantenimiento, con aproximadamente 25 Ah de capacidad.



Poste de S.O.S con panel en el propio poste

Poste de S.O.S con panel en la antena

Técnica

- Potencia total de captación: 1.600 Wp
- Número de instalaciones: 80
- Tecnología: B.P. Solar España, S.A.
- Autonomía: 10 a 15 días
- Tipo de módulos: BP 320

EJEMPLO Nº2: ILUMINACIÓN Y RIEGO DE ZONAS AJARDINADAS

LOCALIZACIÓN

- Término Municipal: Varios - Autovía TF-1
- Isla: Tenerife
- Provincia: Santa Cruz de Tenerife
- Año puesta en marcha: 1992
- Tipo de instalación: alimentación de energía fotovoltaica a iluminación y riego de jardines

DESCRIPCIÓN

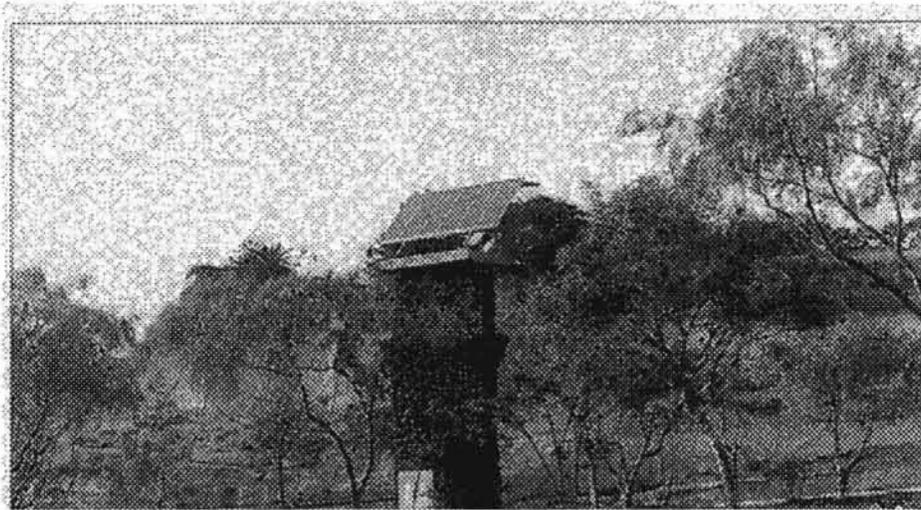
General

Las instalaciones se han ubicado a lo largo de la autovía del Sur (TF-1) con objeto de aportar la energía necesaria en puntos estratégicos coincidentes con cruces de carretera, lugares dotados de un cierto nivel de embellecimiento mediante ajardinamiento con especies autóctonas. Estos enclaves en ocasiones son coincidentes con puntos de paradas de guaguas.

Las necesidades energéticas que deben cubrirse son por un lado de iluminación y por otro de riego con poca demanda. Para la iluminación se emplean bombillas especiales de bajo consumo y para el riego se emplea el sistema "por goteo". En ambos casos la demanda energética es pequeña y puede resolverse eficazmente mediante el empleo de paneles fotovoltaicos y con sistemas de acumulación adecuados para minimizar las necesidades de mantenimiento.

La inversión realizada asciende a 14,3 Mptas, habiendo recibido una subvención de 7,16 Mptas procedente del Programa Comunitario Valoren.

Energía fotovoltaica en zonas ajardinadas



Técnica

- Potencia total de captación: 4.100 Wp
- Producción anual prevista: 7,33 Mwh / a

- Número de instalaciones: 16
- Captación de acumulación: 8.100 Ah en C100
- Tecnología: ATERSA / ISOFOTON
- Producción estimada: 7.102 Kwh / a

EJEMPLO N°3: FAROLAS FOTOVOLTAICAS EN PUNTOS AISLADOS

LOCALIZACIÓN

- Término Municipal: Fuencaliente, Barlovento y Otros
- Isla: La Palma
- Provincia: Santa Cruz de Tenerife
- Año puesta en marcha: 1990
- Tipo de instalación: farolas aisladas de la red eléctrica
- Usuario de la energía: ayuntamientos y Cabildo

DESCRIPCIÓN

General

En esta isla son muchos los emplazamientos donde se localizan este tipo de farolas de iluminación mediante paneles fotovoltaicos: poblaciones, lugares de recreo, etc. En unos casos se trata de lugares aislados con problemas de suministro de fluido eléctrico convencional y en otros emplazamientos estas instalaciones mantienen un cierto nivel de convivencia con farolas convencionales.

La instalación es muy simple puesto que se recurre a báculos de mercado acoplándoles los paneles y baterías a gran altura para minimizar robos.

Además cuentan con un controlador con funciones de regulador de carga aumentando o disminuyendo el tiempo de encendido en función del estado de carga de la batería.

Farola fotovoltaica en mirador turístico



Técnica

- Autonomía: 7 días sin sol
- Potencia de las lámparas: 18 o 35 W
- Tecnología: VARIOS

EJEMPLO N°4: INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA EN CENTRO ESCOLAR

LOCALIZACIÓN

- Término Municipal: Los Llanos de Aridane
- Isla: La Palma
- Provincia: Santa Cruz de Tenerife

- Año puesta en marcha: 1994
- Tipo de instalación: instalación fotovoltaica conectada a la red
- Usuario de la energía: Centro de Formación Profesional “José María Pérez Pulido”

DESCRIPCIÓN

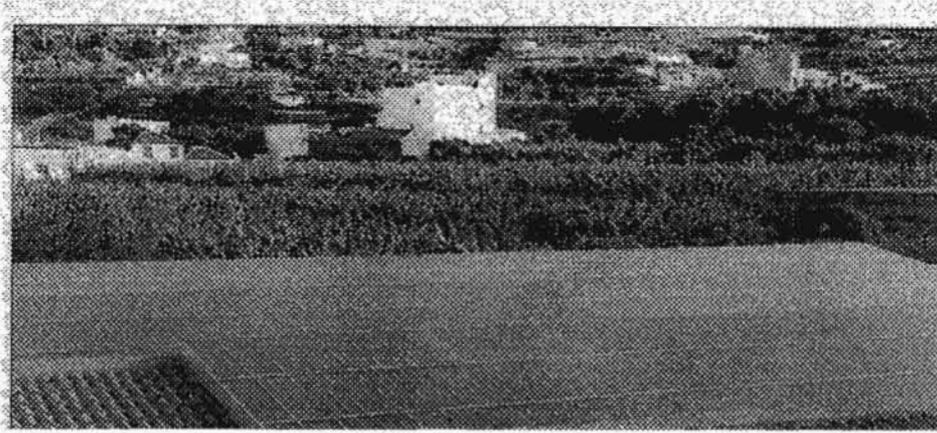
General

La instalación está situada en Los Llanos de Aridane, zona de elevada insolación y aporta energía eléctrica a un centro de formación escolar, entregando la energía eléctrica excedente a la red eléctrica de Unelco. Los paneles se han situado anclados en el tejado del edificio de talleres del centro, resultando la instalación armoniosa debido a la forma de éste “en diente de sierra” con 10° de inclinación.

La instalación supone una gran inversión de 40 Mptas y está siendo realizada mediante acuerdo entre Unelco y la Consejería de Industria y Comercio de Gobierno de Canarias con un reparto de propiedad del 60% y 40% respectivamente.

Hasta ahora es la mayor instalación fotovoltaica de esta isla y contará con un equipamiento que permitirá el buen control y seguimiento de su eficiencia energética que, de resultar adecuada, permitirá la creación de nuevos mercados hasta ahora inexistentes. Actualmente se encuentra en fase de montaje.

Instalación fotovoltaica del centro escolar de Los Llanos de Aridane



Técnica

- Potencia total de captación: 25.175 Wp
- Características de los módulos:
 - Modelo: M55L
 - Potencia: 53 Wp
 - Voltaje: 12 V
- Número de paneles: 475
- Inversor: SIRIO de 24KW con seguidor de máxima potencia
- Tecnología: ATERSA
- Toma de datos : Ordenador PC, MODEM, Software de Comunicación PC - inversor y de comunicación PC con remoto.

EJEMPLO N°5: CENTRAL SOLAR FOTOVOLTAICA EN LA GRACIOSA

LOCALIZACIÓN

- Término municipal: Teguse (Lanzarote)
- Isla: La Graciosa
- Provincia: Las Palmas
- Año puesta en marcha: 1994
- Tipo de instalación: Electrificación aislada de la red
- Usuario de la energía: Diversos

DESCRIPCIÓN

General

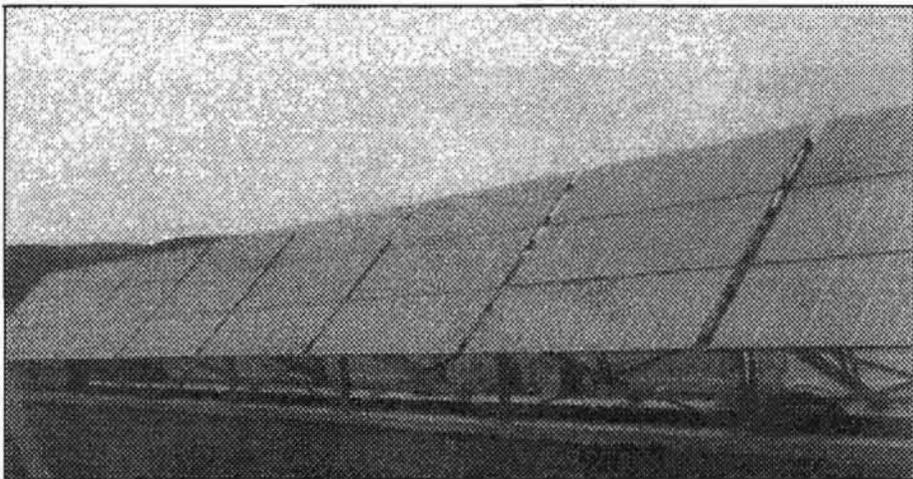
La central de energía solar fotovoltaica tiene por objeto suministrar energía a la comunidad de Pedro Barba. Esta comunidad está ubicada en la isla de la graciosa, al norte de Lanzarote.

El núcleo de Pedro Barba en la isla de La Graciosa no está electrificado y mediante esta instalación se pretende proporcionar energía eléctrica a un conjunto de 21 viviendas unifamiliares e instalar iluminación viaria hasta este momento inexistente.

La instalación está preparada para recibir siguientes ampliaciones y en el futuro poder dar servicio a todas las viviendas de la isla.

La inversión total ha sido de 65,61 Mptas recibándose una subvención de 49,2 Mptas procedentes del Programa Comunitario Valoren y el resto mediante aportación de la Consejería de Industria y Comercio del Gobierno de Canarias.

Central fotovoltaica de La Graciosa



Técnica

- Potencia total de captación: 25.480 Wp
- Número de módulos fotovoltaicos: 490
- Potencia unitaria y tipo: 52 WP ; BP-252
- Producción anual prevista: 50,4 Mwh / a
- Capacidad sistema acumulación: 4.400 Ah
- Voltaje sistema de acumulación: 120 V
- Número de inversores: 3 en paralelo
- Potencia de los inversores: 5 KVA
- Tecnología: B.P. SOLAR ESPAÑA, S.A.

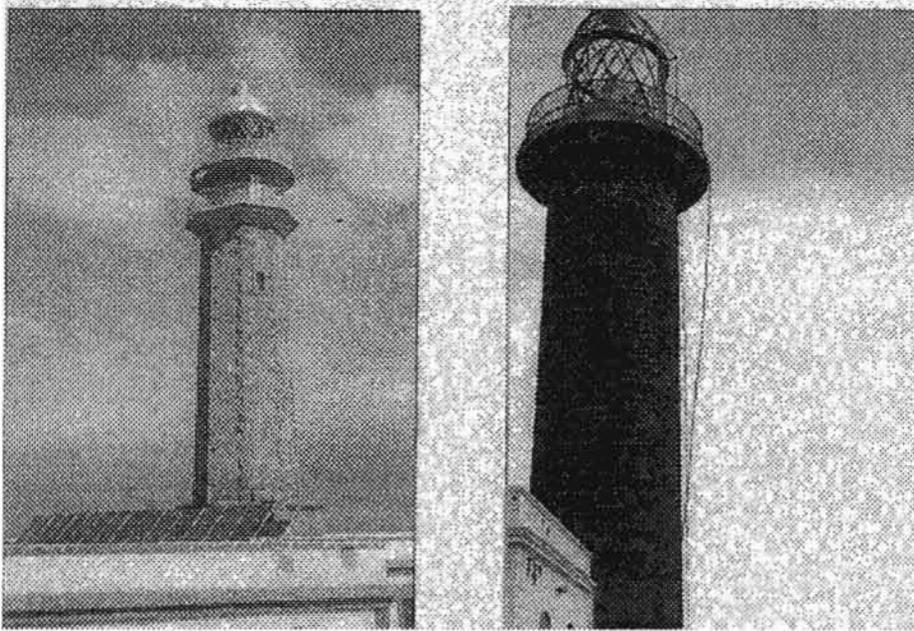
EJEMPLO N°6: FAROS COSTEROS**LOCALIZACIÓN**

- Término Municipal: Frontera / Pájara
- Isla: El Hierro / Fuerteventura
- Provincia: Santa Cruz de Tenerife / Las Palmas
- Año puesta en marcha: 1992
- Tipo de instalación: electrificación a faro aislado de la red
- Usuario de la energía: M.O.P.T.

DESCRIPCIÓN**General**

Una de las instalaciones está situada en el extremo oeste de la isla de El Hierro, en el denominado faro de Orchilla, lugar muy alejado de las redes actuales de Unelco.

Esta instalación es suficiente para atender todas las necesidades energéticas (balizamiento y señalización) del faro, de forma ininterrumpida y con la máxima fiabilidad de funcionamiento. El alto coste de un trazado de red eléctrica hasta el faro permite que la instalación fotovoltaica resulte competitiva. La inversión realizada asciende a 15,5 Mptas. Otra instalación similar se encuentra en el faro de Punta Jandía en la isla de Fuerteventura, igualmente muy separada de las líneas de distribución eléctrica.



Instalación fotovoltaica del faro de Orchilla Instalación fotovoltaica del faro de Punta Jandía

Técnica

- Potencia total de captación: 3.450 Wp
- Número de módulos fotovoltaicos: 46
- Tipo de módulos: B.P.275
- Potencia unitaria: 75 Wp
- Producción anual prevista: 6,9 Mwh / a
- Capacidad sistema acumulación: 3.750 Ah
- Voltaje de suministro: 12 V
- Autonomía: 10 días
- Tecnología: B.P. SOLAR ESPAÑA, S.A.

C) PROYECTOS LLEVADOS A CABO EN LOS ÚLTIMOS AÑOS EN LA COMUNIDAD AUTÓNOMA DE CANARIAS

AÑO	EST	T	EMPRESA	TÍTULO	POT. (Kw)	PROD.(MWh)
05/88	X	A		42 INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS SUBV. EN 1987 POR GOBIER. CANARIO	6.8	13.6
08/89	X	A	AYTO. DE PUNTAGORDA	ALUMBRADO PÚBLICO CON FAROLAS AUTÓNOMAS ALIMENTADAS CON E.S.F.	1.1	1.2
11/89	X	A	AYTO. DE VILLA DE MAZO	ALUMBRADO PÚBLICO CON FAROLAS AUTÓNOMAS ALIMENTADAS CON E.S.F.	3.6	4.1
01/90	X	A	JOSE BETHENCOURT GARCIA	INST F.V. EN S. ISIDRO (GRANADILLA DE ARONA)	0.2	0.4
01/90	X	A	AYTO. S/C TENERIFE	INST F.V. EN CASA FORESTAL ANAGA (S/C TENERIFE)	0.2	0.4
02/90	X	A	ANTONIO FERNANDEZ PEREZ	INST F.V. EN VILLA DE MAZO	0.4	0.7
03/90	X	A	AYUNTAMIENTO DE FUENCALIENTE	ALUMBRADO PÚBLICO CON FAROLAS AUTÓNOMAS ALIM. CON E.S.F.	3.8	4.3
05/90	X	A	ANTONIO HDEZ. MORALES	INSTALACION F.V. EN ARICO	0.2	0.4
05/90	X	A	JOSE MARRERO CANO	INSTALACION F.V. EN GRANADILLA (MORRO CHAVEZ)	0.2	0.4
06/90	X	A	J.LO. GONZALEZ DORESTE	INSTALACION F.V. EN AGÍMES	0.2	0.2
06/90	X	A	JAVIER ALCAZAR GIL	INSTALACION F.V. EN AGÍMES	0.2	0.3
06/90	X	A	JUAN CONCEPCION RGUEZ.	INST F.V. EN AGAETE	0.2	0.4
12/90	X	A	AYTO. DE INGENIO (LAS PALMAS)	ALUMBRADO PÚBLICO CON FAROLAS AUTÓNOMAS	4.0	7.9
12/90	X	A	CONSEJERIA DE INDUSTRIA Y ENER	TERCERA FASE DE LA CAMPAÑA DE DEMOSTRACION FOTOVOLTAICA	3.5	4.2
12/90	X	A	CONSEJERIA DE INDUSTRIA Y ENER	SEGUNDA FASE DE LA CAMPAÑA DE DEMOSTRACION FOTOVOLTAICA	3.5	4.2
04/91	X	A	GEORGINO ROBAINA TORRES	INSTALACION FOTOVOLTAICA EN BETANCURIA	0.3	0.6
04/91	X	A	JULIO SANCHEZ HERRERA	INSTALACION F.V. EN ANTIGUA	0.2	0.4
05/91	X	A	AYTO. INGENIO/ANTONIA LOPEZ	INST. FOT. PRESUPUESTO 1988	0.1	0.2
05/91	X	A	AYTO. INGENIO/JUAN MARTEL	INST. FOT. PRESUPUESTO 1988	0.1	0.2
05/91	X	A	AYTO. INGENIO/MARIA MARTEL	INST. FOT. PRESUPUESTO 1988	0.1	0.2
05/91	X	A	AYTO. INGENIO/ANTONIO RGUEZ.	INST. FOT. PRESUPUESTO 1988	0.1	0.2
05/91	X	A	AYTO. INGENIO/JOSE LOPEZ	INST. FOT. PRESUPUESTO 1988	0.1	0.2
05/91	X	A	SIMON ALBERTO BRITO	INSTALACION FOTOVOLTAICA	0.3	0.6
05/91	X	A	MARIA BENITA ACOSTA	INSTALACION FOTOVOLTAICA	0.1	0.2
05/91	X	A	JUAN GARCIA BRITO	INSTALACION FOTOVOLTAICA	0.2	0.4
05/91	X	A	JULIAN BRITO ACOSTA	INSTALACION FOTOVOLTAICA	0.2	0.4
05/91	X	A	JOSEFA ACOSTA RODRIGUEZ	INSTALACION FOTOVOLTAICA	0.1	0.2
05/91	X	A	AYTO. LA OLIVA/RAMON SOSA	INSTALACION FOTOVOLTAICA	0.2	0.4
05/91	X	A	AYTO. LA OLIVA/NICOLAS DE LEON	INSTALACION FOTOVOLTAICA	0.2	0.4
05/91	X	A	AYTO. OLIVA/TOMAS DE LA CRUZ	INSTALACION FOTOVOLTAICA	0.2	0.4
05/91	X	A	ALFREDO PEÑA DEL PINO	INSTALACION FOTOVOLTAICA	0.1	0.2
05/91	X	A	FERNANDO PEÑA DEL PINO	INSTALACION FOTOVOLTAICA	0.3	0.6
05/91	X	A	IMELDO BELLO	INSTALACION FOTOVOLTAICA	0.4	0.8
05/91	X	A	JORGE Y EDDA PRANTIL	INSTALACION FOTOVOLTAICA	0.4	0.8
05/91	X	A	JUAN COELLA RODRIGUEZ	INSTALACION FOTOVOLTAICA	0.2	0.5
05/91	X	A	CIPRIANO ESTEVEZ	INSTALACION FOTOVOLTAICA	0.1	0.2
05/91	X	A	JOSE BETHENCOURT	INSTALACION FOTOVOLTAICA	0.2	0.5
05/91	X	A	VICTOR FLORES	INSTALACION FOTOVOLTAICA	0.2	0.5
05/91	X	A	JOSE MIGUEL PEREZ	INSTALACION FOTOVOLTAICA	0.2	0.5
05/91	X	A	AYTO. INGENIO/JUAN GUEDES	INST. FOT. PRESUPUESTO 1988	0.1	0.2
07/91	X	A	AYTO. VILLA DE INGENIO	ELECTRIFICACION RURAL DE VIVIENDAS EN VUETE Y LA AGUILILLA	0.8	1.7
11/91	X	A	ALFRED WILHELM	INSTALACION FOTOVOLTAICA EN GUIA DE ISORA	0.2	0.5
12/91	X	A	B.P. SOLAR ESPAÑA, S.A.	INST. FOTOVOLTAICAS EN VARIOS MUNICIPIOS CANARIOS	35.6	71.0
12/91	X	A	CABILDO INSULAR FUERTEVENTURA	INSTALACION FOTOVOLTAICA	0.1	0.3
12/91	X	A	AYTO. LA OLIVA/J.J. NIEVES	INSTALACION FOTOVOLTAICA	0.2	0.4

AÑO	EST	T	EMPRESA	TITULO	POT. (Kw)	PROD.(MWh)
12/91	X	A	JOSE VIERA SAAVEDRA	INSTALACION FOTOVOLTAICA	0.7	1.3
12/91	X	A	ELBA ROSA CABRERA	INSTALACION FOTOVOLTAICA	0.2	0.4
12/91	X	A	ANTONIO LOZANO HERNANDEZ	INSTALACION FOTOVOLTAICA	0.1	0.2
12/91	X	A	JUAN SANCHEZ HERRERA	INSTALACION FOTOVOLTAICA	0.1	0.3
12/91	X	A	UWE DIETZE	INSTALACION FOTOVOLTAICA	0.5	1.0
12/91	X	A	FRANZ STUMMER	INSTALACION FOTOVOLTAICA	0.2	0.5
12/91	X	A	JOSEF ECKMAIR	INSTALACION FOTOVOLTAICA	0.2	0.5
12/91	X	A	WALTER FURTMAYR	INSTALACION FOTOVOLTAICA	0.2	0.5
12/91	X	A	ANTONIO DIAZ PEREZ	INSTALACION FOTOVOLTAICA	0.1	0.3
12/91	X	A	JOSE ANTONIO EVORA GONZALEZ	INSTALACION FOTOVOLTAICA	0.1	0.3
12/91	X	A	EULOGIO PAULINO	INSTALACION FOTOVOLTAICA	0.2	0.5
12/91	X	A	M. JOSEF KOLLER	INSTALACION FOTOVOLTAICA	0.2	0.5
12/91	X	A	AQUILINO DELGADO	INSTALACION FOTOVOLTAICA	0.1	0.3
12/91	X	A	ALEJANDRO VIERA PEREZ	INSTALACION FOTOVOLTAICA	0.1	0.1
12/91	X	A	CELESTINO GONZALEZ GONZALEZ	INSTALACION FOTOVOLTAICA	0.6	1.2
12/91	X	A	LEOCADIO S. RODRIGUEZ	INSTALACION F.V. EN ANTIGUA	0.2	0.3
02/92	X	A	KLAUS PETER MERCKER	INSTALACION FOTOVOLTAICA	0.1	0.3
02/92	X	A	JORGE JUAN RODRIGUEZ	INST F.V. EN ARICO	0.1	0.3
02/92	X	A	CELESTINO GONZALEZ GONZALEZ	INST. F.V. EN S. MIGUEL DE ABONA	0.2	0.4
02/92	X	A	JUANA RODRIGUEZ GONZALEZ	INSTALACION F.V. EN ARICO	0.2	0.4
03/92	X	A	JUAN CARLOS PEREZ MARTIN	INSTALACION FOTOVOLTAICA PRESUPUESTO 1988	0.2	0.5
03/92	X	A	JOSE AROCHA TOLEDO	INSTALACION FOTOVOLTAICA	0.2	0.4
03/92	X	A	JUAN JOSE GARCIA QUINTANA	INSTALACION FOTOVOLTAICA	0.2	0.3
04/92	X	A	J. EMILIO GARCIA GOMEZ	INSTALACION FOTOVOLTAICA PRESUPUESTO 1988	0.3	0.5
04/92	X	A	JOSE LUIS CASTELLANOS RODRIGUE	INSTALACION FOTOVOLTAICA	0.2	0.3
07/92	X	A	CABILDO INSULAR DE TENERIFE	ILUM. AJARDINADO Y PARADAS BUS EN AUTOVIA TF1 CON E. SOLAR	4.1	7.3
08/92	X	A	AYTO. FUENCALIENTE DE LA PALMA	ALUMB. PUBL. ELECTR. DE VIVIENDAS MEDIANTE E.S. FOTOVOLTAICA	5.4	9.7
08/92	X	A		FARO ALIMENTADO CON E.S.F. EN ORCHILLA (HIERRO)	3.5	6.9
09/92	X	A	FELIPE DIAZ PEREZ	INSTALACION F.V. EN GRNADILLA DE ABONA	0.2	0.4
09/92	X	A	EVARISTO BAUTISTA LOPEZ	INSTALACION F.V. EN SANTIAGO DEL TELDE	0.2	0.4
09/92	X	A	CARLOTA FRIAS MARRERO	INSTALACION F.V. EN ARICO	0.2	0.3
10/92	X	A	MANUEL MENESES MENESES	INSTALACION F.V. EN SANTIAGO DEL TEIDE	0.2	0.4
12/92	X	A	JUAN RODRIGUEZ VEGA	INST. F.V. EN GALDAR	0.2	0.4
12/92	X	A	ORLANDO BRAVO	ELECTRIFICACION MEDIANTE ESF	0.2	0.3
12/92	X	A	DOLORES PARDO	ELECTRIFICACION MEDIANTE ESF	0.2	0.3
12/92	X	A	CARMEN SILVERIO	ELECTRIFICACION MEDIANTE ESF	0.2	0.3
12/92	X	A	MANUEL GIL	ELECTRIFICACION MEDIANTE ESF	0.2	0.5
12/92	X	A	FRANCISCO RAMOS	ELECTRIFICACION MEDIANTE ESF	0.2	0.5
12/92	X	A	JOSE LOZANO HERNANDEZ	ELECTRIFICACION MEDIANTE ESF	0.2	0.5
12/92	X	A	ANTONIO GONZALEZ	ELECTRIFICACION MEDIANTE ESF	0.2	0.5
12/92	X	A	MATEO MARTEL	ELECTRIFICACION MEDIANTE ESF	0.2	0.5
12/92	X	A	MANUEL PEREZ	ELECTRIFICACION MEDIANTE ESF	0.1	0.2
12/92	X	A	AGUSTIN ADRIEN	ELECTRIFICACION MEDIANTE ESF	0.2	0.5
12/92	X	A	LUISA MARTEL	ELECTRIFICACION MEDIANTE ESF	0.2	0.5
12/92	X	A	ORLANDO LOPEZ	ELECTRIFICACION MEDIANTE ESF	0.2	0.5
12/92	X	A	NICOLAS URBIALES	ELECTRIFICACION MEDIANTE ESF	0.2	0.3
12/92	X	A	CARMELO GONZALEZ	ELECTRIFICACION MEDIANTE ESF	0.1	0.2
12/92	X	A	MANUEL MEDINA	ELECTRIFICACION MEDIANTE ESF	0.2	0.3

EST	T	EMPRESA	TITULO	POT. (Kw)	PROD.(MWh)	
12/92	X	A	PEDRO SANCHEZ	ELECTRIFICACION MEDIANTE ESF	0.2	0.3
12/92	X	A	PABLA NAVARRO	ELECTRIFICACION MEDIANTE ESF	0.2	0.3
12/92	X	A	CONCEPCION MARICHAL	ELECTRIFICACION MEDIANTE ESF	0.2	0.3
12/92	X	A	ROSENDO HERNANDEZ	ELECTRIFICACION MEDIANTE ESF	0.2	0.3
12/92	X	A	JUANA BARRERA	ELECTRIFICACION MEDIANTE ESF	0.2	0.3
12/92	X	A	RAMON PLASENCIA	ELECTRIFICACION MEDIANTE ESF	0.2	0.3
12/92	X	A	JULIA NOVARO	ELECTRIFICACION MEDIANTE ESF	0.2	0.3
12/92	X	A	TORIBIO MESA	ELECTRIFICACION MEDIANTE ESF	0.2	0.3
12/92	X	A	BENJAMIN PADILLA	ELECTRIFICACION MEDIANTE ESF	0.2	0.3
12/92	X	A	JESUS MORALES	ELECTRIFICACION MEDIANTE ESF	0.2	0.3
12/92	X	A	JOSE DIAZ	ELECTRIFICACION MEDIANTE ESF	0.2	0.3
12/92	X	A	VICENTE RODRIGUEZ	ELECTRIFICACION MEDIANTE ESF	0.2	0.3
12/92	X	A	MANUEL HERRERA	ELECTRIFICACION MEDIANTE ESF	0.2	0.3
12/92	X	A	DOMINGO ARTEAGA	ELECTRIFICACION MEDIANTE ESF	0.2	0.3
12/92	X	A	SEBASTIAN PADILLA	ELECTRIFICACION MEDIANTE ESF	0.2	0.3
12/92	X	A	RAMON ARTEAGA	ELECTRIFICACION MEDIANTE ESF	0.2	0.3
12/92	X	A	ALFONSO TRUJILLO	ELECTRIFICACION MEDIANTE ESF	0.2	0.3
12/92	X	A	J.J. BARCHIN	ELECTRIFICACION MEDIANTE ESF	0.2	0.3
12/92	X	A	FORTUNATO ARTEAGA	ELECTRIFICACION MEDIANTE ESF	0.2	0.3
12/92	X	A	REYES CASTILLA	ELECTRIFICACION MEDIANTE ESF	0.2	0.3
12/92	X	A	FIDEL GOMEZ	ELECTRIFICACION MEDIANTE ESF	0.2	0.3
12/92	X	A	FCO. BARRETO	ELECTRIFICACION MEDIANTE ESF	0.2	0.3
12/92	X	A	CARMEN BARRETO	ELECTRIFICACION MEDIANTE ESF	0.2	0.3
12/92	X	A	FULGENCIO RODRIGUEZ	ELECTRIFICACION MEDIANTE ESF	0.2	0.3
12/92	X	A	ENRIQUE EGUREN	ELECTRIFICACION MEDIANTE ESF	0.2	0.3
12/92	X	A	CARMEN LUBARY	ELECTRIFICACION MEDIANTE ESF	0.2	0.5
12/92	X	A	GREGORIA MONTELLONGO	ELECTRIFICACION MEDIANTE ESF	0.2	0.5
12/92	X	A	ELIAS PEREZ	ELECTRIFICACION MEDIANTE ESF	0.2	0.5
12/92	X	A	ESTEBAN ESTEVEZ	ELECTRIFICACION MEDIANTE ESF	0.2	0.3
12/92	X	A	MERCEDES MORALES	ELECTRIFICACION MEDIANTE ESF	0.2	0.4
12/92	X	A	FRANCISCO UCLES	ELECTRIFICACION MEDIANTE ESF	0.2	0.3
12/92	X	A	DAMASO AMARAL	ELECTRIFICACION MEDIANTE ESF	0.2	0.3
12/92	X	A	PATRICIA DE SABATA	ELECTRIFICACION MEDIANTE ESF	0.2	0.3
12/92	X	A	J. MANUEL DOMINGUEZ	ELECTRIFICACION MEDIANTE ESF	0.2	0.5
12/92	X	A	GUILLERMO CANO	ELECTRIFICACION MEDIANTE ESF	0.2	0.3
12/92	X	A	J. RAMON SILVERIO	ELECTRIFICACION MEDIANTE ESF	0.2	0.3
12/92	X	A	FERMIN CANO	ELECTRIFICACION MEDIANTE ESF	0.2	0.3
12/92	X	A	ANTONIO CAMPOS	ELECTRIFICACION MEDIANTE ESF	0.2	0.3
12/92	X	A	GUMERSINDO LOPEZ	ELECTRIFICACION MEDIANTE ESF	0.2	0.3
12/92	X	A	FELIX ZAMORA	ELECTRIFICACION MEDIANTE ESF	0.2	0.4
12/92	X	A	PARTICULARES	RESUMEN RESTO INSTALACIONES EN CANARIAS	131.7	251.9
				TOTAL PROYECTOS EN EXPLOTACION =	230.4	433.6

EMPRESAS RELACIONADAS CON EL SECTOR DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

EMPRESA	ACTIVIDAD EN EL AREA	TELEFONO
ANFER	instalador	955/256259
ACANDER	instalador	95/5682600
ATERSA	distribuidor/ instalador	91/4747211
B.P.SOLAR	fabricante colectores/ instalador	91/6611614
DISOL	instalador	95/4220355
ECOTECNIA	instalador	93/3307860
FERROSOL	instalador	958/701679
INESOL	instalador	988/530252
INSPEL	instalador	974/831576
ISOFOTON	fabricante colectores/ instalador	91/3082294
ITELSA	instalador	923/262593
JO-GA-SOL	instalador	957/412602

BIBLIOGRAFIA

La bibliografía de esta energía está compuesta por los siguientes tres libros:

1. MANUAL DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA:

Este libro ha sido realizado con la contribución de expertos del Instituto para la diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) en el año 1993. Se trata de un manual orientativo, no riguroso pero de gran ayuda como introducción de esta no muy reciente fuente de energía.

Se tratan los temas más importantes: situación actual, aspectos técnicos, dimensionado de las instalaciones de E.S.F, aspectos económicos y aspectos medioambientales entre otros.

2. ELECTRICIDAD SOLAR FOTOVOLTAICA Univ. politécnica de Madrid, Coordinador: E. Lorenzo

Se trata de un libro que, a diferencia del anterior, expone el tema de esta fuente de energía de forma más técnica y rigurosa; en él se tratan , además de los temas del primero, la radiación solar, diferentes tipos de dimensionado, alta rentabilidad, situación en Europa y España,... incluso desarrollos matemáticos; este aspecto no ha sido incluido en este trabajo para no complicarlo ya que nuestro objetivo es introducir a los lectores (futuros ingenieros, empresarios o interesados por el tema en general) en la Energía solar fotovoltaica de la forma más global y sencilla posible.

3. LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN LAS ISLAS CANARIAS;

Al igual que el primero ha sido realizado por IDAE. Este texto se basa en una pequeña descripción de las diferentes energías renovables, centrándose en el desarrollo de las mismas en la Islas Canarias. El libro incluye diferentes ejemplos de instalaciones de energías renovables en nuestro archipiélago, describiendo sus características generales y técnicas.

Más que un libro se trata de un trabajo realizado por diferentes expertos, los cuales han trabajado sobre una serie de libros, como:

- Las Energías Renovables y el Medio Ambiente. Hernández González, C.; Artigas, J.; Fresneda, A.; Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, 1990.
- Plan Energético Nacional 1991-2000. Secretaría General de la Energía y Recursos Minerales; Ministerio de Industria, Comercio y Turismo, 1991.
- El primer libro expuesto en esta bibliografía
- y otros.....

De ahí que se trate de un libro básico muy completo, el cual trata de animar a los diferentes empresarios a inclinarse algo más a lo que son las energías renovables y la protección del medio ambiente.