

1.INTRODUCCIÓN

La energía es "la medida de la capacidad de un sistema para proporcionar trabajo por medios mecánicos o calor por medios no mecánicos"

El Sol, con una potencia media de $3,7 * 10^{14}$ TW, de la que llega a la superficie 173 000 TW (o lo que es lo mismo, $900 \text{ W} / \text{m}^2$) constituye sin duda alguna una fuente de energía formidable. Tiene un papel fundamental entre las diferentes energías renovables conocidas hoy en día, como lo demuestra la siguiente tabla:

Y teniendo en cuenta el creciente aumento del consumo de energía en el mundo, se puede prever que esta energía es una energía de futuro:

Energía	Recurso (en tep por año)
Hidráulica	$1,7 * 10^9$
Solar	$9,8 * 10^{13}$
Eólica	$1,4 * 10^{10}$
Biomasa	$2,8 * 10^9$
Geotérmica	$2,3 * 10^{16}$
Maremotriz	$1,9 * 10^9$
Maremotérmica	$2,8 * 10^{13}$
Olas	$1,7 * 10^9$

La energía solar es una energía garantizada para los próximos 6.000 millones de años. El Sol ha brillado en el cielo desde hace unos cinco mil millones de años, y se calcula que todavía no ha llegado a la mitad de su existencia. Es fuente de vida y origen de las demás formas de energía que el hombre ha utilizado desde los albores de la Historia, y puede satisfacer todas nuestras necesidades si aprendemos cómo aprovechar de forma racional la luz que continuamente derrama sobre el planeta. Es una fuente de energía inagotable, por su magnitud y porque su fin será el fin de la vida en la Tierra.

Durante el presente año, el Sol arrojará sobre la Tierra cuatro mil veces más energía que la que vamos a consumir. No sería racional no intentar aprovechar, por todos los medios técnicamente posibles, esta fuente energética gratuita, limpia e inagotable, que puede liberarnos definitivamente de la dependencia del petróleo o de otras alternativas poco seguras o, simplemente, contaminantes. Es preciso señalar que existen algunos problemas que debemos afrontar y superar. Aparte de las dificultades que una política energética solar avanzada conllevaría por sí misma, hay que tener en cuenta que esta energía está sometida a continuas variaciones más o menos bruscas. Así, por ejemplo, la radiación solar es menor en invierno, precisamente cuando más la necesitamos.

Es de vital importancia proseguir con el desarrollo de la incipiente tecnología de captación, acumulación y distribución de la energía solar, para conseguir las condiciones que la hagan definitivamente competitiva, a escala planetaria.

¿Qué se puede hacer con la energía solar?

Básicamente, recogiendo de forma adecuada la radiación solar, podemos obtener calor y electricidad.

El calor se logra mediante los colectores térmicos, y la electricidad, a través de los llamados módulos

fotovoltaicos. Ambos procesos nada tienen que ver entre sí, ni en cuanto a su tecnología ni en su aplicación.

2. ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

Se dice que la energía solar fotovoltaica es la energía del futuro. Su despegue se produjo en el contexto de programas espaciales, en los cuales se ha permitido hacer funcionar satélites artificiales por energía solar, aprovechando directamente la radiación del sol.

Como características positivas podemos mencionar que la energía solar se transforma en energía eléctrica sin partes móviles, sin ciclos termodinámicos y sin reacciones químicas.

Esta generación eléctrica es de duración prácticamente ilimitada, no requiere mantenimiento, no produce contaminación ni hace ruido.

• **Funcionamiento.**–

El efecto fotoeléctrico permite transformar directamente energía solar en energía eléctrica continua. Para ello, se suelen utilizar semiconductores, y en especial el silicio (el segundo elemento más abundante en la corteza terrestre que se obtiene de la arena).

El elemento base es la **célula solar**. Suelen ser de silicio monocristalino, policristalino o amorfo. Los conjuntos de células se orientan hacia el Sur para aprovechar más la radiación solar, y son conectadas a un sistema de almacenamiento (baterías) y de conversión de la corriente.

Se trata pues de una fuente de energía que puede aprovecharse en cualquier aplicación: red eléctrica, consumo en lugares aislados de zonas rurales,...

• **Aplicaciones domésticas**

Sin duda alguna, el hecho de que sea una energía de fácil instalación, de ocupación mínima, de que no sea antiestética se ha confirmado en la instalación de los llamados "**tejados solares**". En éstos, se ahorra la batería como elemento almacenador de energía y se ahorran ciertos materiales de construcción substituidos total o parcialmente por los tejados fotovoltaicos.

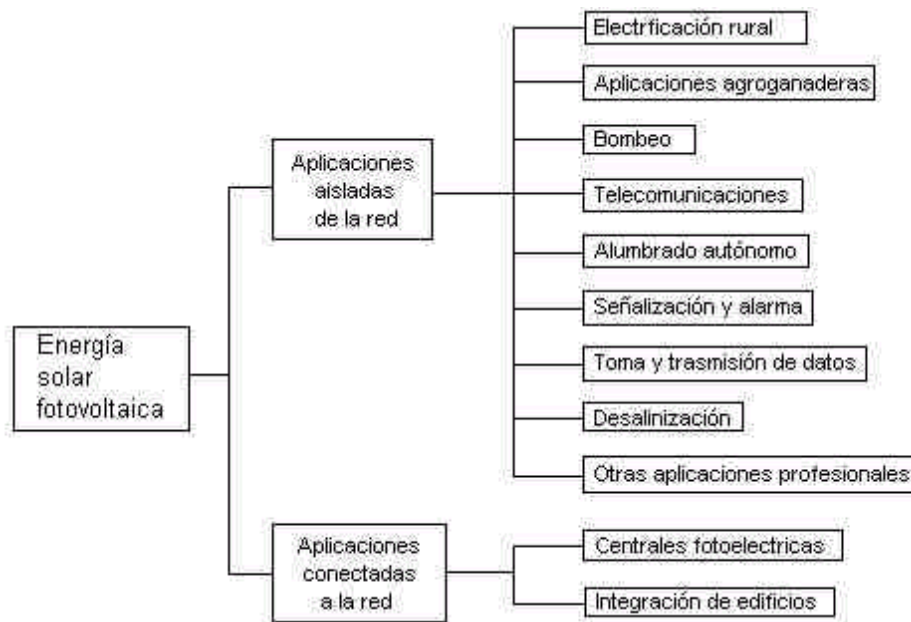
Los paneles fotovoltaicos instalados en techos, fachadas, etc, cubren las necesidades eléctricas de la vivienda o edificio, y el exceso lo inyecta en la red mediante un sistema de inversores, conmutadores y contadores. El sistema permite que en el caso que no fuera esta generación suficiente para cubrir las necesidades, la alimentación se hace directamente de la red.

La aplicación de la energía solar fotovoltaica en edificios es la principal razón por la que se está ocupando la capacidad de producción de células y módulos fotovoltaicos que ahora mismo existen y se esté propiciando una expansión de las instalaciones de los más importantes productores mundiales.

Actualmente, algunas estimaciones prevén que en España se podría llegar a producir 180000 millones de kWh por año.

• **Aplicaciones industriales**

La principal aplicación de la energía solar fotovoltaica es la llamada "**economía del hidrógeno**". En efecto, por electrólisis del agua, se obtiene fácilmente hidrógeno. Se podría almacenar y transportar, permitiendo que la energía producida en los lugares más soleados pueda ser empleada en cualquier otro sitio.



• Futuro de la energía solar fotovoltaica

La evolución tecnológica está mejorando progresivamente los rendimientos de las células. Pero también es sorprendente el abaratamiento de los costes de inversión (de 1980 a 1997, el kWh generado a pasado de costar 339 pesetas a 30).

Este tipo de energía se utiliza para abastecer de electricidad a numerosos poblados y fábricas en Senegal, Jordania, Brasil, Filipinas, Indonesia y Chile. La producción mundial asciende a 60 megavatioshora al año. En España son 25000 las viviendas que se benefician de este tipo de energía.

Vistas las ventajas incomparables de este tipo de energía, tanto a nivel ecológico, como económico o puramente práctico, se puede pensar que ésta será una de las grandes energías del futuro. Es de esperar, pues, que su parte en la producción mundial aumente en los próximos años.

• Células solares

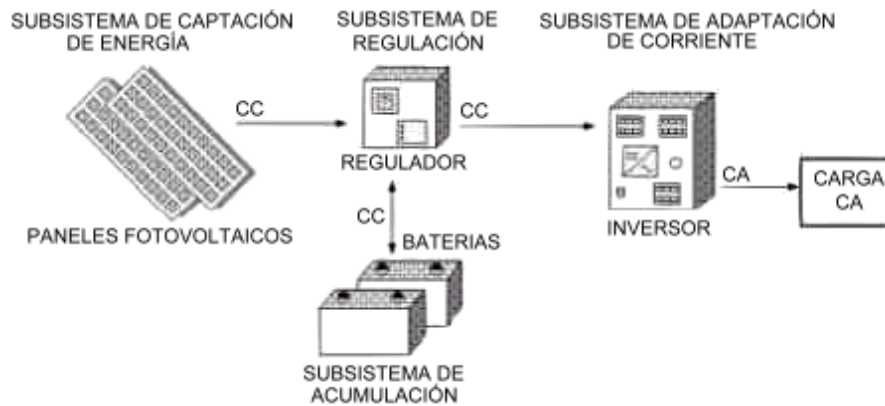
– **Célula solar convencional.**– lleva una capa de silicio positiva y otra negativa que forman un campo eléctrico. La energía de la luz incidente activa los portadores de carga positiva y también los de carga negativa. La corriente fluye al unir los dos polos desde el exterior y se descarga a través de unos dedos metálicos.

– **Célula electroquímica.**– En ella, la luz estimula los portadores de carga en una película de colorante. El dióxido de titanio facilita que la carga negativa fluya a la capa conductora de una capa de vidrio. El colorante compensa la falta de carga con una solución de yodo y así se crea la corriente.

– **Alfombra solar enrollable.**– Permite cubrir con ella casas enteras. La luz activa ciertas moléculas que se encuentran sobre la superficie plástica, y la corriente se produce cuando los portadores de carga positiva y de carga negativa se separan entre sí.

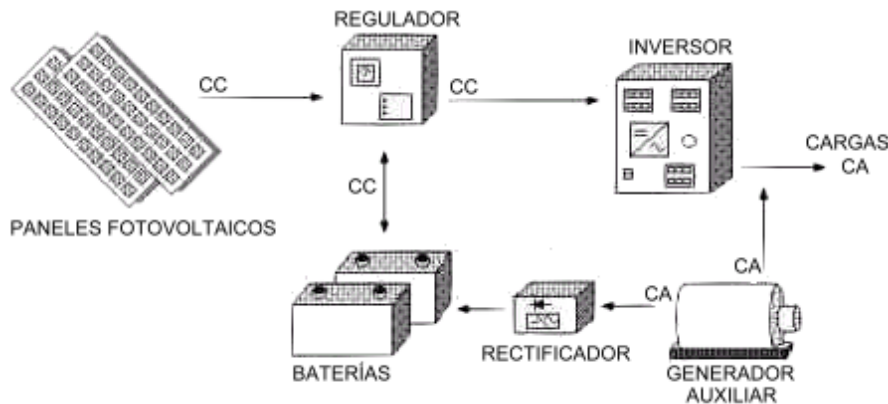
3. Elementos de un sistema fotovoltaico.

Un sistema fotovoltaico está formado por un conjunto de equipos capaces de proporcionar energía eléctrica en forma útil, y puede estar compuesto de los siguientes subsistemas:



3.1. Sistemas Mixtos.

Son sistemas de generación en los cuales se interconectan dos o más medios diferentes de generación; pueden ser fotovoltaico-eólico, fotovoltaico-hidráulico, etc.; estos sistemas se diseñan de acuerdo a las condiciones del medio; este sistema se aplica a localidades que en determinados períodos del año presenten un buen nivel de radiación solar y en otros muy bajo, pero acompañados de lluvias que permitan intercalar un sistema fotovoltaico e hidráulico de acuerdo a las condiciones climáticas.



4. Ventajas de la Energía Solar Fotovoltaica

- Al contrario de lo que sucede con los grupos electrógenos, los sistemas fotovoltaicos no requieren abastecimiento de combustible, son totalmente silenciosos, apenas requieren mantenimiento y tienen una vida útil mucho más larga.
- Prácticamente el único mantenimiento que se requiere es controlar el nivel del electrolito en la batería y añadirle agua destilada cada cierto tiempo.
- La duración de una batería de tipo estacionario oscila entre 10 y 15 años. Los paneles solares tienen una duración muy superior (los fabricantes ofrecen garantías de hasta 25 años).
- La electricidad se produce en el mismo lugar donde se consume, eliminando la necesidad de instalar tendidos eléctricos, que suponen no sólo un importante coste económico sino también un impacto sobre el paisaje y las aves. Además los paneles fotovoltaicos, por su aspecto y constitución, resultan fáciles de integrar y adaptar en las edificaciones rurales. Los sistemas solares fotovoltaicos son la solución ideal para aquellos casos en los que se intenta respetar al máximo el entorno natural, como ocurre con los Espacios Naturales Protegidos.
- Utilizan una fuente de energía renovable (la radiación solar), lo que quiere decir que a la escala temporal humana es inagotable, al contrario de lo que sucede con las fuentes de energía

convencionales que dependen de un recurso que es limitado (petróleo, carbón, gas natural, etc).

- Producen electricidad sin necesidad de ningún tipo de reacción o combustión, evitando la emisión a la atmósfera de CO₂ u otros contaminantes responsables entre otros fenómenos, del calentamiento de la atmósfera (efecto invernadero).

5.1. Diseño

El sistema fotovoltaico se dimensiona en función del consumo de la instalación y de las condiciones de insolación de la zona en cuestión.

El consumo se establece en función de la potencia de cada uno de los aparatos eléctricos que se vayan a utilizar y de las horas medias de funcionamiento. Al final se alcanza un valor que se expresa en vatios-hora/día (Wh/día).

Los datos de insolación se extraen de unas tablas empíricas, en los que se dan los valores de la energía solar que incide por m² de superficie horizontal y en un día medio de cada mes, en cada lugar geográfico.

Es necesario también conocer el tipo de utilización de la aplicación: si es permanente o no, o si es de utilización preferente en invierno o en verano

6. EJEMPLO DE INSTALACIÓN

Esta instalación está situada en las cercanías de Vitoria-Gasteiz, y se utiliza para abastecer de agua a una ganadería.

Objetivo: Extraer agua de un pozo desde una profundidad de 42 m.

Condiciones:

- 45m de desnivel entre la bomba y el depósito enterrado.
- Pozo: diámetro 140 mm, caudal 8 l/min.
- No es posible conectarse a la red eléctrica general.

Instalación elegida:

- Dos módulos solares de alta eficiencia de 36 células de silicio monocristalino de 5 pulgadas con tratamiento especial antirreflexivo.

Marca ATERSA, modelo A – 120 – 12 V / 120 Wp.

Dimensiones: longitud: 1477 mm anchura: 660 mm área: 0,975 m² espesor: 35 mm peso 11,9 kg

- Equipo de regulación.
- Turbobomba sumergida: marca SHURFLO; 350–400 l/hora a 55–50 m
- Depósito de polietileno subterráneo de capacidad 1500 l
- Sondas: en pozo para mínimo y en depósito para máximo y mínimo

Coste aproximado: 800.000 Ptas. (4.800 euros)

Explicación del funcionamiento:

La energía solar captada por las placas fotovoltaicas es convertida en energía eléctrica. A continuación, el

equipo de regulación ofrece a su salida corriente continua a 24 V.

Cuando el nivel del agua en el depósito baja hasta la sonda de mínimo, se activa la bomba, que extrae agua hasta que el nivel del depósito alcanza la sonda de máximo. La sonda de mínimo en el pozo sirve para que la bomba no absorba impurezas del fondo.

El agua sale del depósito por una tubería hasta el bebedero, donde con una boya se consigue mantener el bebedero siempre lleno.

7.1. LEGISLACIÓN

España:

Ley 82/1980, de 30 de diciembre, sobre **conservación de energía**. BOE Núm. 23 de 27-1-1981.

Real decreto 2019/1977, de 26 de diciembre, por el que se organiza y regula el mercado de producción de energía eléctrica.

Real Decreto 2366/1994, de 9 de diciembre, sobre producción de energía eléctrica por instalaciones hidráulicas de cogeneración; y otras abastecidas por recursos o fuentes de energía renovables. BOE Núm. 313 de 31-12-1994.

Real decreto 2818/1998, de 23 de diciembre, sobre producción de energía eléctrica por instalaciones abastecidas por recursos o fuentes de energía renovables, residuos y cogeneración. BOE Núm. 312 de 30-12-1998

Corrección de errores del Real Decreto 2818/1998, de 23 de diciembre, sobre producción de energía eléctrica por instalaciones abastecidas por recursos o fuentes de energía renovables, residuos y cogeneración. BOE Núm. 43 de 19-2-1999.

Ley 54/1997, de 27 noviembre, del sector eléctrico. BOE Núm. 285 de 28-11-1997.

Real Decreto 2819/1998, de 23 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte y distribución de energía eléctrica. BOE Núm. 312 de 30-12-1998.

Real Decreto 2820/1998, de 23 de diciembre, por el que se establecen tarifas de acceso a las redes. BOE Núm. 312 de 30-12-1998.

Real Decreto 2821/1998, de 23 de diciembre, por el que se establece la tarifa eléctrica para 1999. BOE Núm. 312 de 30-12-1998.

Resolución de 15 de Septiembre de 1997, de la Secretaria de Estado de Energía y Recursos Minerales, por la que se da publicidad al convenio de encomienda de gestión entre el Ministerio de Industria y Energía y el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía en materia de subvenciones del Plan de Ahorro y Eficiencia Energética (PAEE) BOE Núm. 240 de 7-10-1997.

Orden de 1 de diciembre de 1997 por la que se modifica la de 6 de febrero de 1997, por la que se aprueban las bases reguladoras de la concesión de subvenciones en el marco del Plan de Ahorro y Eficiencia Energética para el periodo de 1997/1999; y se convocan las del ejercicio 1997. BOE Núm. 291 de 5-12-1997.

Real Decreto 615/1998, de 17 de abril, por el que se establece un régimen de ayudas y se regula su sistema de gestión en el marco del Plan de Ahorro y Eficiencia Energética. BOE Núm. 107 de 5-5-1998.

8. De las placas tradicionales a la integración arquitectónica

Las instalaciones tradicionales de componentes solares en edificios suelen usar los módulos estándar, normalmente sobre estructuras independientes y en el mejor de los casos sobrepuestas a alguna parte del edificio como tejados o fachadas. Recientemente se están comercializando algunos componentes solares especialmente diseñados para edificios.

Los módulos fotovoltaicos están fabricados para la intemperie, por tanto pueden formar parte de la piel de un edificio. Sin embargo, las diferentes tecnologías de encapsulado dan como resultado una gama de elementos constructivos con diferentes características:

- a) Cristal-plástico posterior: El adhesivo transparente es normalmente EVA (Etil-Vinil-Acetato) y el plástico posterior Tedlar TM en diferentes colores, translúcido o transparente.
- b) Cristal-cristal: El plástico posterior se sustituye por otro cristal. El adhesivo transparente son resinas o siliconas.

Los módulos estándar tienen un marco de aluminio. Los que no llevan marco, llamados laminados, se usan preferentemente para integración arquitectónica. Varios fabricantes de módulos ofrecen productos a medida del cliente en cuanto a tamaño, forma, tipo de células y disposición de estas, permitiendo una gran creatividad y adaptabilidad a los requerimientos arquitectónicos de la edificación existente.

9. Tejas solares y muros cortina

Diferentes compañías han desarrollado módulos especiales fotovoltaicos (FV) capaces de sustituir a las tejas tradicionales y con las mismas propiedades de impermeabilidad. Algunas compañías ofrecen productos FV con la misma forma y tamaño que las tejas o pizarras tradicionales, permitiendo una mejor integración o incluso la sustitución de las tejas existentes. Las células FV también pueden encapsularse formando módulos especiales que se pueden usar como elementos para dar sombra y controlar la radiación solar. Por razones de confort el acceso directo de luz debe evitarse. Y para ello nada mejor que las células FV, ya que necesitan luz directa. Además, se puede instalar un sistema automático que oriente los parasoles perpendicularmente al sol. De este modo, la producción de electricidad es máxima, al tiempo que se elimina la luz directa, pero no la indirecta, que pasa a través de estos dispositivos. Los parasoles, que se pueden usar en fachadas verticales o en tejados formando marquesinas, crean un ambiente claro y armonioso.

En cuanto al muro cortina ventilado es de hecho un elemento híbrido termo-FV que da electricidad y aire caliente. Consiste en dos paramentos, una pared interior y una exterior, separadas por una cámara de aire ventilada por convención natural o forzada. Gracias al flujo de aire se reduce la temperatura de las células FV mejorando su producción, y se elimina el efecto de "pared radiante", fría en invierno y caliente en verano.

10. Cómo integrar paneles fotovoltaicos en edificios

El área solar, obviamente debe ser dirigida al Sur (entre SE y SW) y libre de sombras. En todos los casos el área deberá adaptarse a los requerimientos arquitectónicos (por ejemplo transparencia, aislamiento térmico, etc). También hay que tener en cuenta el ahorro en materiales de construcción sustituidos. Una fachada habitualmente costará más que un tejado.

Los siguientes conceptos de técnicas de integración, con diferentes grados de integración, pueden ser aplicados a todos los elementos de energía solar:

- **Independiente:** es un método fácil y simple, muy utilizado en tejados planos y edificaciones ya existentes. Los paneles FV se montan sobre una estructura independiente del edificio. Así los paneles FV pueden situarse con la orientación e inclinación óptimas, pero puede presentar un impacto visual fuerte en el edificio. No hay ningún ahorro por sustitución de elementos.

- **Sobrepuesto:** otro buen método simple y fácil para edificios ya existentes. Los paneles FV se montan con una pequeña estructura sobre la piel del edificio y en paralelo con ella. El impacto visual no es tan fuerte. No hay ningún ahorro por sustitución de elementos.
- **Integrado:** en los siguientes casos los paneles FV tienen una función arquitectónica además de generar electricidad. Entonces algunos elementos de construcción se sustituyen produciendo en cada caso el correspondiente ahorro. Es la técnica más indicada para edificios nuevos. Ofrece un aspecto limpio y bonito.
- **Revestimiento:** vale para fachadas y tejados fríos. Una capa externa hecha por paneles FV que hace de impermeabilización se sitúa encima de una capa opaca que aísla térmicamente. La teja FV es una técnica especial para integración en tejados. Se necesita ventilación trasera de los paneles para obtener un buen rendimiento de las células. El ahorro es significativo.
- **Cerramiento:** apto para fachadas y tejados calientes. El panel FV hace de tejado o fachada. Se utilizan sistemas convencionales adaptados de acristalamiento (silicona estructural, "Montante-Travesaño"). También en FV una doble pared que cierra una cámara ventilada mejora las prestaciones térmicas y permite generar aire caliente para calefacción. El ahorro es máximo.
- **Parasol:** diferentes soluciones como toldos, etc, dan sombra al interior, protegiendo de la luz directa del sol y permitiendo el paso de luz indirecta. Permiten el uso de sistemas de seguimiento para optimizar la producción de electricidad. El ahorro es significativo.