

iade te cuenta...qué podemos esperar de un generador solar

Componentes de una instalación solar fotovoltaica



Temas a tratar :

- Clasificar los tipos de instalaciones de energía solar.
- Identificar los principales parámetros de los paneles solares.
- Describir el funcionamiento de las baterías.
- Describir el funcionamiento del inversor y del regulador.

Ya sabemos conceptos básicos, ahora veremos en profundidad :

- La célula solar y su funcionamiento.
- Condiciones de funcionamiento de los tipos de baterías.
- Características y modo de empleo del inversor, del regulador y sus tipos.

Centrales generadoras de energía eléctrica

La electricidad es una de las formas de energía más versátiles y que mejor se adaptan a cada necesidad. Su utilización está tan extendida que difícilmente podría concebirse una sociedad tecnológicamente avanzada que no hiciese uso de ella.

Hoy día existen miles de aparatos que, bien en forma de corriente continua o de corriente alterna, utilizan la electricidad como fuente de energía, y su uso ha provocado un gran aumento de la demanda de consumo eléctrico.

Este hecho ha propiciado la búsqueda de nuevas fuentes de energía y nuevos sistemas de producción eléctrica, basados, fundamentalmente, en el uso de energías renovables.

Los sistemas tradicionales de producción de electricidad tienen una problemática asociada que hace necesario intentar desarrollar otro tipo de fuentes energéticas:

- **Centrales hidráulicas:** el efecto invernadero y el cambio climático hacen que cada vez las sequías sean más prolongadas y, por tanto, no se pueda asegurar la producción estable de electricidad a través de estas centrales.
- **Centrales térmicas:** tienen el problema de que los **combustibles fósiles** son un recurso limitado en el tiempo. Además provocan una gran emisión de gases contaminantes perjudiciales para el efecto invernadero.
- **Centrales nucleares:** tienen el problema de la eliminación de los residuos generados, además del potencial riesgo de un accidente nuclear.

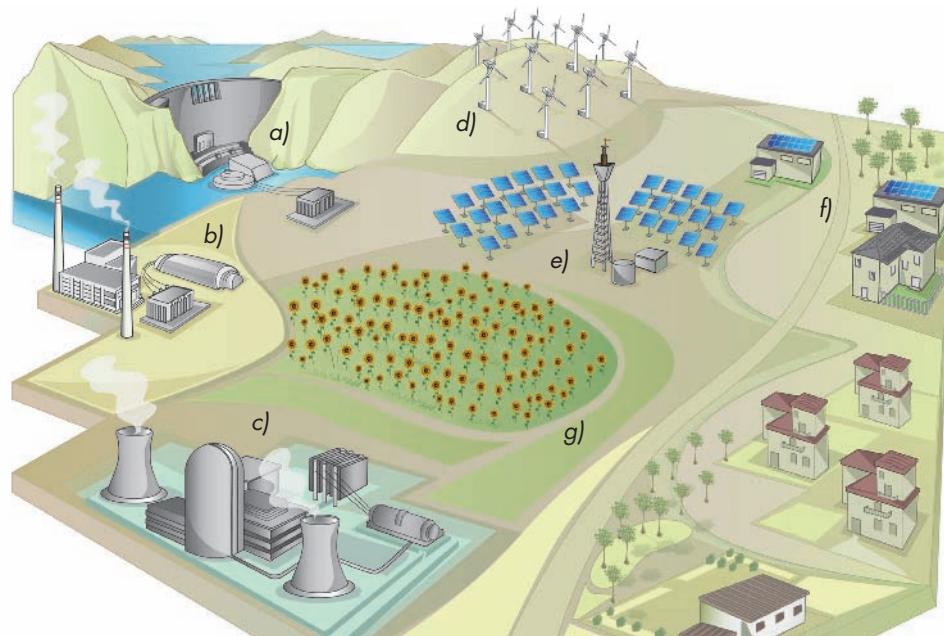


Fig. 1.1. Principales energías renovables y no renovables:

- a) hidráulica; b) térmica;
c) nuclear; d) eólica;
e) solar térmica;
f) solar fotovoltaica;
g) biomasa;

Recuerda

Ciclo termodinámico: proceso mediante el cual se transforma la energía térmica en otro tipo de energía, como puede ser la electricidad (el caso de las turbinas de las centrales eléctricas térmicas), movimiento (los motores de los coches, por ejemplo), etc.

Como ya hemos comentado, la tendencia actual es la utilización de energías renovables. Es aquí donde cobra importancia la energía solar. Varias son las formas de aprovechar el sol para la producción de electricidad; se distingue entre:

- **Métodos indirectos:** el sol se aprovecha para calentar un fluido (que puede ser agua, sodio, sales fundidas...) y convertirlo en vapor, con el fin de producir electricidad mediante el movimiento de un alternador. La producción de la electricidad se realiza mediante un *ciclo termodinámico* convencional, como se haría en una central térmica de combustible fósil. (Ver Fig. 1.2).
- **Métodos directos:** en ellos la luz del sol es convertida directamente a electricidad mediante el uso de las células solares. Se distingue entre *sistemas conectados a red* y *sistemas aislados* (Fig. 1.3).

Aquí nos dedicaremos exclusivamente al estudio de la energía solar fotovoltaica.

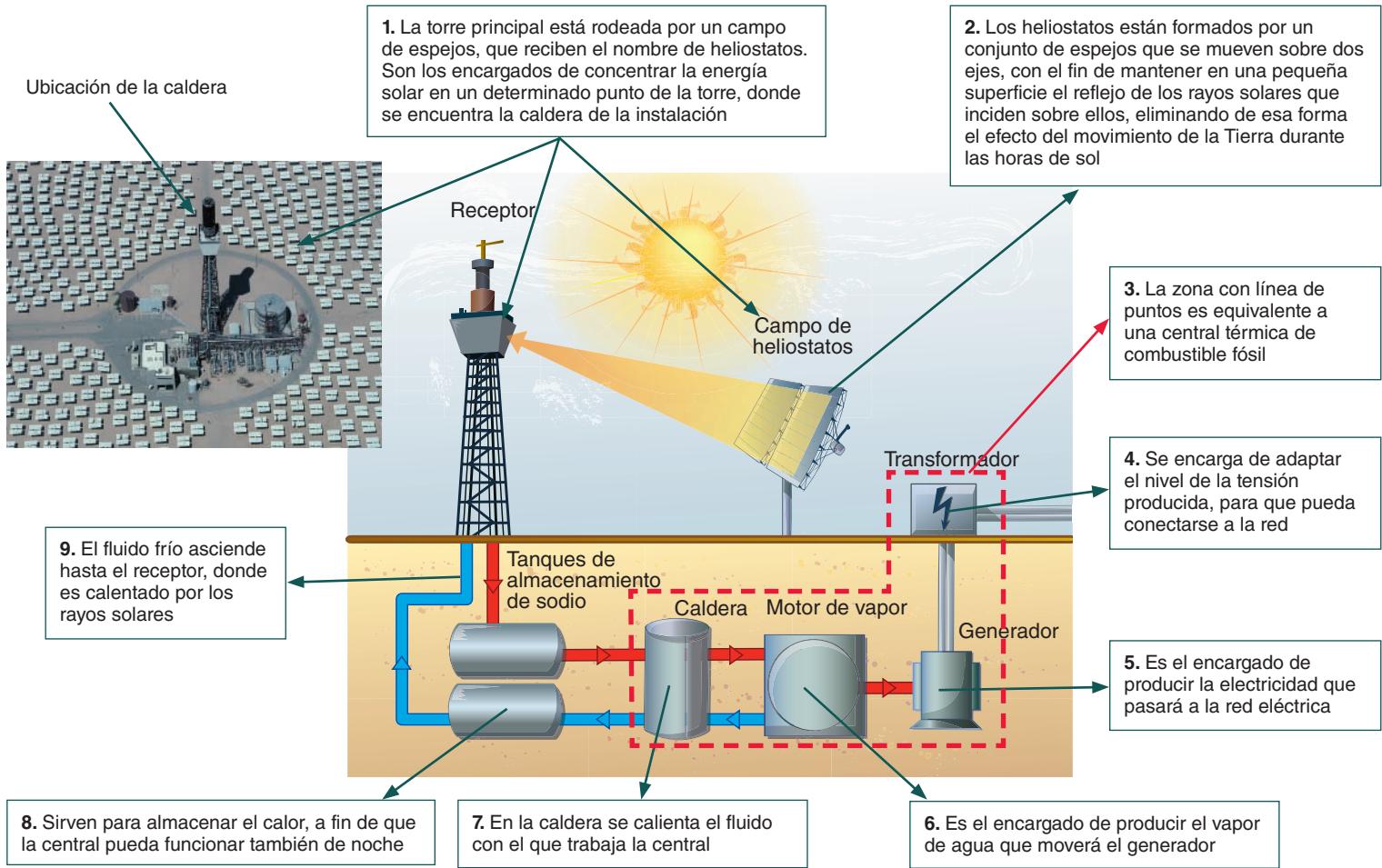


Fig. 1.2. Esquema de la constitución de una central térmica solar de torre central. Una vez que el fluido pasa por el motor de vapor, se enfriá y es elevado (línea azul) hasta el receptor, donde es calentado y enviado hacia abajo (línea roja), para volver a completar el ciclo.

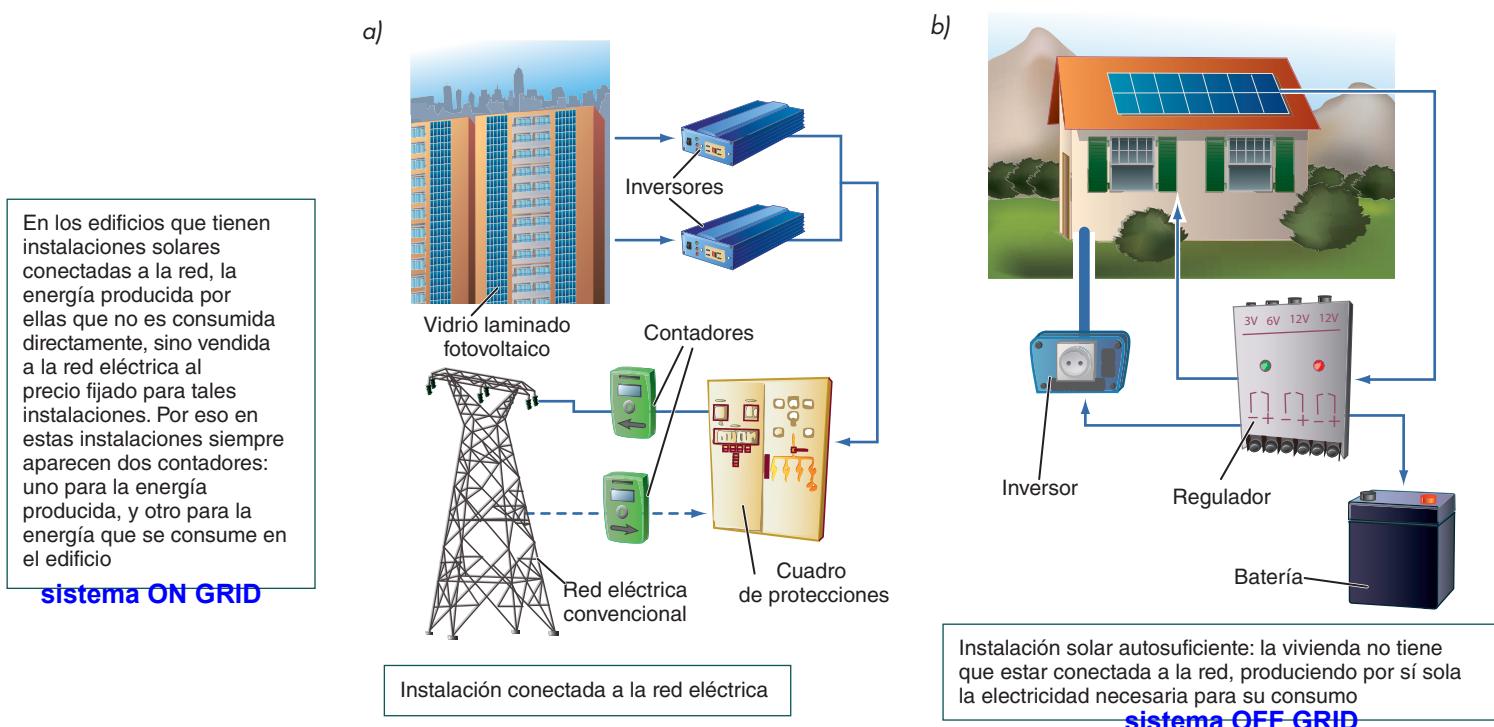


Fig. 1.3. Sistema conectado a red (a) e instalación fotovoltaica autónoma (b).

● 2. Clasificación de las instalaciones solares fotovoltaicas

La clasificación de las instalaciones solares fotovoltaicas (ISF) la podemos realizar en función de la aplicación a la que están destinadas. Así, distinguiremos entre *aplicaciones autónomas* y *aplicaciones conectadas a la red*.

● 2.1 Aplicaciones autónomas

Producen electricidad sin ningún tipo de conexión con la red eléctrica, a fin de dotar de este tipo de energía al lugar donde se encuentran ubicadas. Pueden distinguirse dos bloques:

¿Sabías que...?

Los equipos espaciales despliegan los paneles solares una vez que se encuentran en la posición de la órbita. En algunos casos, la superficie de estos paneles puede ser bastante grande, llegando a ocupar, como en el caso de la Estación Espacial Internacional, una superficie de 2 500 m². Estos paneles son capaces de entregar una potencia de 110 kW.



Fig. 1.4. La Estación Espacial Internacional.

- **Aplicaciones espaciales:** sirven para proporcionar energía eléctrica a elementos colocados por el ser humano en el espacio, tales como satélites de comunicaciones, la Estación Espacial Internacional (ver cuadro al margen y Fig. 1.4), etc. La investigación en esta área propició el desarrollo de los equipos fotovoltaicos tal y como los conocemos en la actualidad.
- **Aplicaciones terrestres**, entre las que cabe destacar las profesionales:
 - **Telecomunicaciones:** telefonía rural, vía radio; repetidores (de telefonía, televisión, etcétera).
 - **Electrificación de zonas rurales y aisladas:** estas instalaciones, que se pueden realizar en cualquier lugar, están pensadas para países y regiones en desarrollo y todas aquellas zonas en que no existe acceso a la red eléctrica comercial (en Europa hay cerca de un millón de personas sin acceso a esta red): viviendas aisladas, de ocupación permanente o periódica, refugios de montaña, etc. En ciertos países, como Cuba o Brasil, se emplean en locales comunitarios (consultorios médicos, escuelas) o para abastecer de electricidad a un determinado grupo de personas (un pueblo, una aldea, etc.).
 - **Señalización:** se aplica, por ejemplo, a señales de tráfico luminosas, formadas por diodos LED, alimentados por un panel solar y una batería.
 - **Alumbrado público:** se utiliza en zonas en las que resulta complicado llevar una línea eléctrica convencional.



Fig. 1.5. Central FV aislada en el desierto de Nevada.

- **Bombeo de agua:** estas instalaciones están pensadas para lugares tales como granjas, ranchos, etc. Se pueden realizar en cualquier lugar. Su uso puede ser tanto para agua potable como para riego.
- **Redes VSAT:** redes privadas de comunicación (para una empresa, un organismo oficial, etc.) que actúan a través de satélite. La energía solar se utiliza para alimentar las estaciones de la red.
- **Telemetría:** permite realizar medidas sobre variables físicas y transmitir la información a una central (p. ej.: control de la pluviometría de la cuenca de un río).
- **Otras aplicaciones:** juguetes, alumbrado en jardines, divertimentos.

● 2.2. Aplicaciones conectadas a la red

En ellas, el productor no utiliza la energía directamente, sino que es vendida al organismo encargado de la gestión de la energía en el país. Tienen la ventaja de que la producción de electricidad se realiza precisamente en el período de tiempo en el que la curva de demanda de electricidad aumenta, es decir, durante el día, siendo muy importantes los kilovatios generados de esta forma. Cabe distinguir:

- **Centrales fotovoltaicas y huertos solares:** recintos en los que se concentra un número determinado de instalaciones fotovoltaicas de diferentes propietarios con el fin de vender la electricidad producida a la compañía eléctrica con la cual se haya establecido el contrato (Fig. 1.6). La energía vendida puede estar a nombre de una persona, una sociedad, etc. (la potencia instalada depende de las dimensiones del generador fotovoltaico). Cada instalación tiene su propietario y todas ellas se ubican en el mismo lugar. Esto posibilita mejoras en el mantenimiento de la instalación, vigilancia, pólizas de seguros, etc.
- **Edificios fotovoltaicos:** es una de las últimas aplicaciones desarrolladas para el uso de la energía fotovoltaica. La rápida evolución en los productos de este tipo ha permitido el uso de los módulos como material constructivo en cerramientos, cubiertas y fachadas de gran valor visual. Además, la energía fotovoltaica es el sistema de energías renovables más adecuado para la generación de electricidad en zonas urbanas sin provocar efectos ambientales adversos. La integración arquitectónica consiste en combinar la doble función, como elemento constructivo y como productor de electricidad, de los módulos fotovoltaicos (Fig. 1.7).

La mayoría de estos sistemas han sido integrados en tejados, porque es allí donde alcanzan la máxima captación de energía solar, pero últimamente se está comenzado a integrarlos en muros y fachadas, en las que, por ejemplo el vidrio es reemplazado por módulos de láminas delgadas semitransparentes. En el ejemplo de la Fig. 1.7 se muestra la integración de los paneles solares en la fachada del edificio. A la hora de realizar este tipo de instalaciones se tienen en cuenta consideraciones estéticas (en la elección del tipo de panel), además de las relacionadas con el rendimiento energético.



Fig. 1.6. Huerto solar.



Fig. 1.7. Ejemplo de edificio fotovoltaico. La fachada está formada por paneles solares.

3. Elementos de una ISF

De manera general, una instalación solar fotovoltaica (ISF) se ajusta a un esquema como el mostrado en la Fig. 1.8. A lo largo de esta unidad detallaremos el funcionamiento de cada uno de estos elementos.

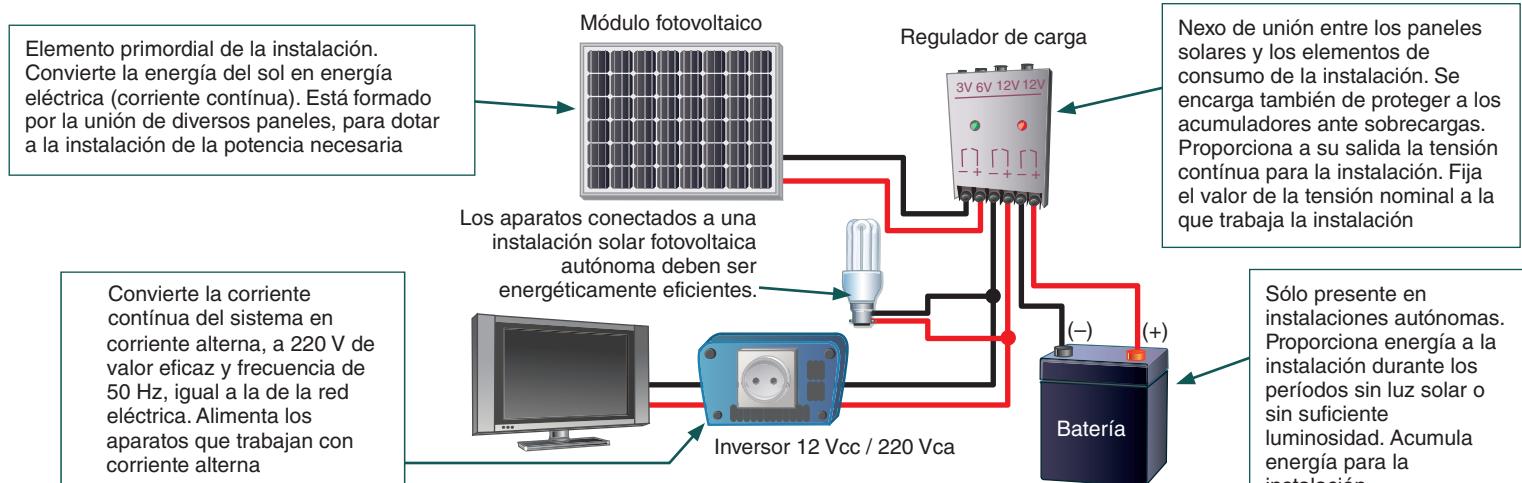


Fig. 1.8. Componentes de la instalación.

A Vocabulario

Diodo: componente electrónico fabricado con una unión P-N, que tiene la particularidad de conducir la corriente eléctrica sólo en un sentido. Su símbolo es:



Efecto fotovoltaico: propiedad que tienen determinados materiales de producir una corriente eléctrica cuando incide una radiación lumínica sobre ellos.

4. La célula solar: características básicas

El elemento principal de cualquier instalación de energía solar es el generador, que recibe el nombre de **célula solar**. Se caracteriza por convertir directamente en electricidad los fotones provenientes de la luz del sol. Su funcionamiento se basa en el **efecto fotovoltaico**.

Una célula solar se comporta como un diodo: la parte expuesta a la radiación solar es la N, y la parte situada en la zona de oscuridad, la P. Los terminales de conexión de la célula se hallan sobre cada una de estas partes del diodo: la cara correspondiente a la zona P se encuentra metalizada por completo (no tiene que recibir luz), mientras que en la zona N el metalizado tiene forma de peine, a fin de que la radiación solar llegue al semiconductor (Fig. 1.9).

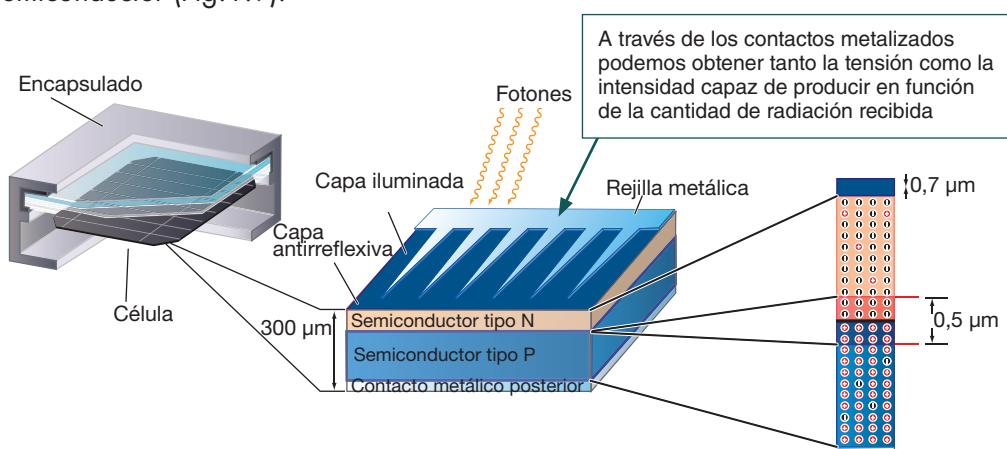


Fig. 1.9. Estructura de la célula solar.

4.1. Parámetros fundamentales de la célula solar

- Corriente de iluminación (I):** la corriente generada cuando incide la radiación solar sobre la célula.
- Corriente de oscuridad:** es debida a la recombinación de los pares electrón-hueco que se produce en el interior del semiconductor.
- Tensión de circuito abierto (V_{OC}):** la máxima tensión que se obtiene en los extremos de la célula solar, que se da cuando no está conectada a ninguna carga. Es una característica del material con el que está construida la célula.
- Corriente de cortocircuito (I_{SC}):** máximo valor de corriente que puede circular por la célula solar. Se da cuando sus terminales están cortocircuitados.

Cuando la célula solar es conectada a una carga, los valores de tensión e intensidad varían. Existirán dos de ellos para los cuales la potencia entregada sea máxima: V_m (tensión máxima) e I_m (intensidad máxima), que siempre serán menores que V_{OC} e I_{SC} . En función de estos valores, la potencia máxima que puede entregar la célula solar será:

$$P_m = V_m I_m$$

Esto nos permite definir un parámetro de la célula solar que recibe el nombre de *factor de forma (FF)* y que se calcula mediante la fórmula:

$$FF = \frac{V_m I_m}{V_{OC} I_{SC}}$$

Así pues, el **factor de forma** es el cociente entre la máxima potencia que puede entregar la célula a la carga y el producto de la tensión de circuito abierto y la corriente de cortocircuito. En las células solares más habituales, los valores típicos de *FF* son 0,7 o 0,8.

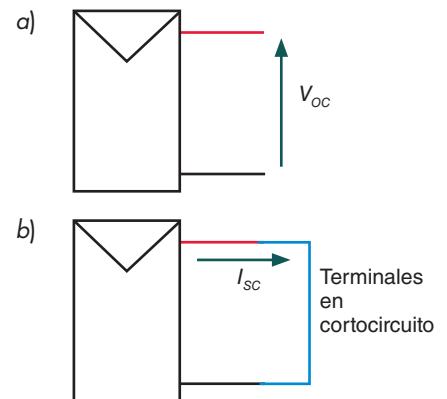


Fig. 1.10. Lugar en que se mide la tensión en circuito abierto (a) y la corriente de cortocircuito (b). El símbolo en forma de «sobre» representa una célula solar.

Cálculo de la potencia máxima de una célula solar

Calcular el valor de la potencia máxima que puede disipar la célula, a 25 °C, a partir de los datos del fabricante:

Clase de electricidad según I(V _{rx})	Rendimiento [%]	Rendimiento V _{rx} [W]	Parámetros eléctricos			
			I (V _{rx} = 510 mV) [A]	Factor de llenado [%]	V _{OC} [mV]	I _{SC} [A]
AH508200	17,5	4,18	8,20	77,3	616	8,82
AH508100	17,3	4,13	8,10	77,2	615	8,74
AH508000	17,1	4,08	8,00	77,1	615	8,59
AH507900	16,9	4,03	7,90	76,9	615	8,56
AH507800	16,6	3,98	7,80	76,7	614	8,49
AH507700	16,4	3,93	7,70	76,2	612	8,48

Todos son valores medios, todos los datos +/- 3 %. Medición de la clase de célula con V_{rx} = 510 mV.

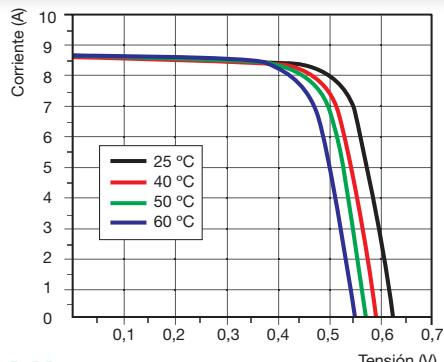


Fig. 1.11

Tensión máxima:
 $V_m = 545$ mV

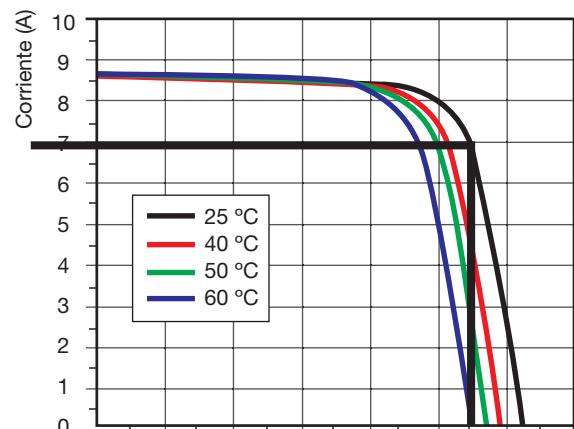


Fig. 1.12

Trazamos una línea desde el valor de V_m hasta que corte con la gráfica que corresponde a 25 °C. Desde aquí, yendo al eje Y, obtenemos el valor de $I_m = 7$ A. La potencia la calculamos a partir de la fórmula:

$$P_m = V_m I_m = 0,545 \text{ V} \cdot 7 \text{ A} = 3,815 \text{ W}$$

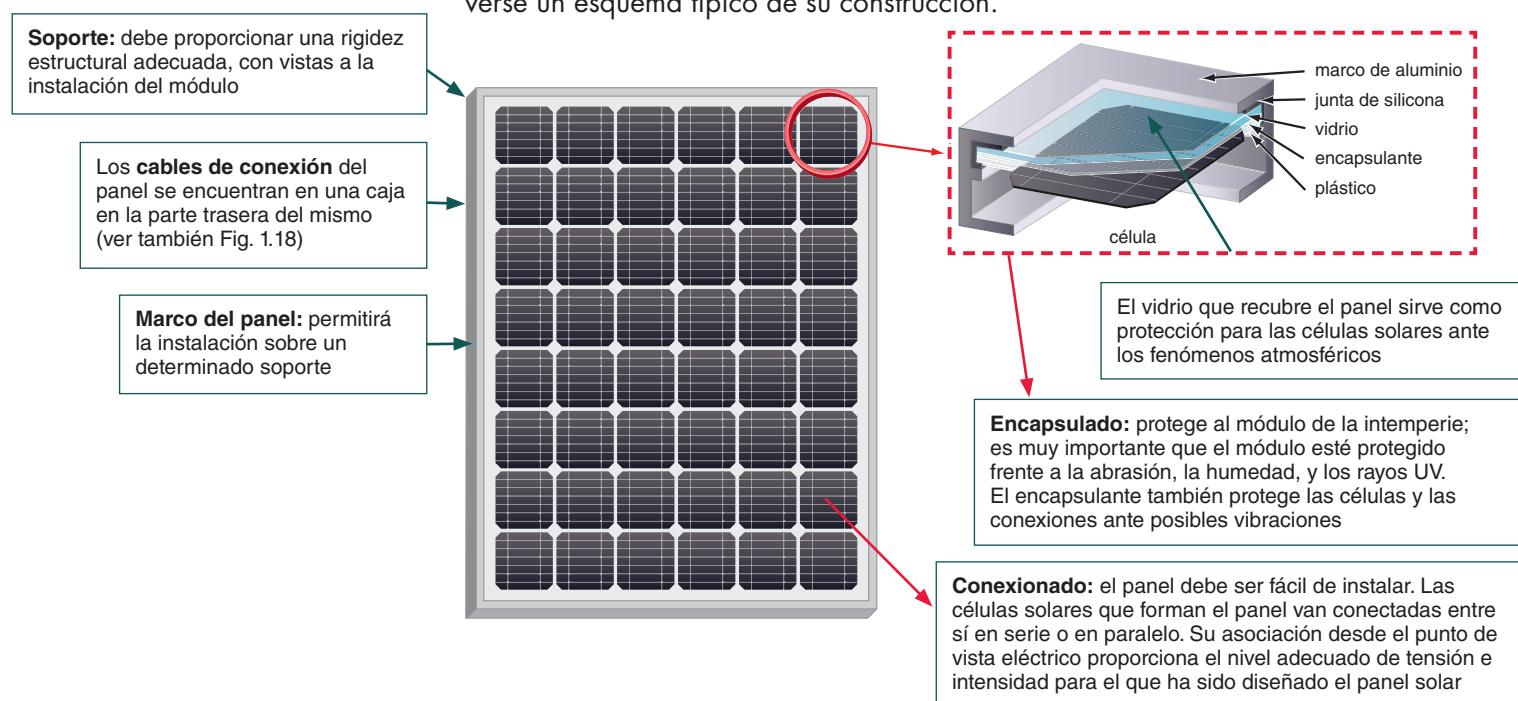
Elementos de una ISF

- Módulo fotovoltaico.
- Regulador de carga.
- Batería.
- Inversor.

5. El panel solar

Un **panel solar** o **módulo fotovoltaico** está formado por un conjunto de células, conectadas eléctricamente, encapsuladas, y montadas sobre una estructura de soporte o marco. Proporciona en su salida de conexión una tensión continua, y se diseña para valores concretos de tensión (6 V, 12 V, 24 V...), que definirán la tensión a la que va a trabajar el sistema fotovoltaico.

En la Fig. 1.13 se destacan las principales características de todo panel solar y puede verse un esquema típico de su construcción.



Importante

Dos elementos se encuentran eléctricamente **unidos en serie** cuando solo comparten un terminal.

Dos elementos se encuentran **conectados en paralelo** cuando tienen en común los dos terminales.

Fig. 1.13. Constitución de un panel solar. Se destacan sus principales características.

Los tipos de paneles solares vienen dados por la tecnología de fabricación de las células, y son fundamentalmente:

- Silicio cristalino (monocristalino y multicristalino).
- Silicio amorfo.

En la Tabla 1.1 podemos observar las diferencias que existen entre ellos.

Células	Silicio	Rendimiento laboratorio	Rendimiento directo	Características	Fabricación
	Monocristalino	24 %	15 - 18 %	Son típicos los azules homogéneos y la conexión de las células individuales entre sí (Czochralski).	Se obtiene de silicio puro fundido y dopado con boro.
	Policristalino	19 - 20 %	12 - 14 %	La superficie está estructurada en cristales y contiene distintos tonos azules.	Igual que el del monocristalino, pero se disminuye el número de fases de cristalización.
	Amorfo	16 %	< 10 %	Tiene un color homogéneo (marrón), pero no existe conexión visible entre las células.	Tiene la ventaja de depositarse en forma de lámina delgada y sobre un sustrato como vidrio o plástico.

Tabla 1.1. Diferencias entre los paneles según la tecnología de fabricación.

5.1. Potencia de la célula solar

La potencia que proporciona una célula de tamaño estándar (digamos de 10×10 cm) es muy pequeña (en torno a 1 o 2 W), por lo que generalmente será necesario tener que asociar varias de ellas con el fin de proporcionar la potencia necesaria al sistema fotovoltaico de la instalación. Es de este hecho de donde surge el concepto de *panel solar* o *módulo fotovoltaico*, cuyos elementos y características acabamos de ver.

Según la conexión eléctrica que hagamos de las células, nos podemos encontrar con diferentes posibilidades:

- La **conexión en serie** de las células permitirá aumentar la tensión final en los extremos de la célula equivalente.
- La **conexión en paralelo** permitirá aumentar la intensidad total del conjunto.

Importante

Los elementos conectados en serie tienen todos la misma corriente, mientras que los elementos asociados en paralelo tienen todos la misma tensión.

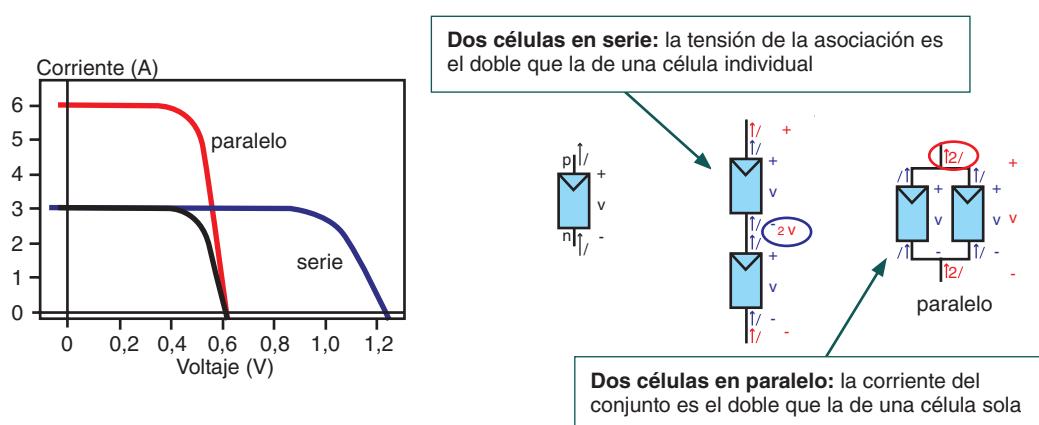


Fig. 1.14. Asociación de células solares. Si necesitamos aumentar la tensión, las uniremos en serie; si lo que queremos es aumentar la corriente, haremos la asociación en paralelo.

escuelas iade



Estos paneles tienen menor ganancia en kw/hora que los tradicionales, pero cubren superficies especiales...incluso pronto los veremos en el pavimento.



estadio en Taiwán



Fig. 1.15

● 5.2. Principales parámetros. Curvas características

A la hora de trabajar con los paneles solares nos interesa saber qué datos nos proporciona el fabricante, con el fin de utilizarlos correctamente. En los catálogos aparecen todos aquellos parámetros que nos son de utilidad a la hora de realizar el diseño de la instalación.

Entre toda la información que proporciona el fabricante, vamos a ir viendo cuál puede ser de mayor relevancia, desde el punto de vista práctico, a la hora de elegir un panel solar.

No obstante, hay que tener cuidado, ya que los valores proporcionados por el fabricante son obtenidos siempre en unas determinadas condiciones de irradiación solar y temperatura ambiente. En la práctica siempre existirá una pequeña desviación sobre los valores teóricos cuando el panel esté colocado en la instalación.

escuelas iade

Obtención de los valores de tensión e intensidad en el panel cuando se está entregando la máxima potencia.

Dada la siguiente gráfica de un panel solar, facilitada por el fabricante, obtén los valores de I_m y V_m .

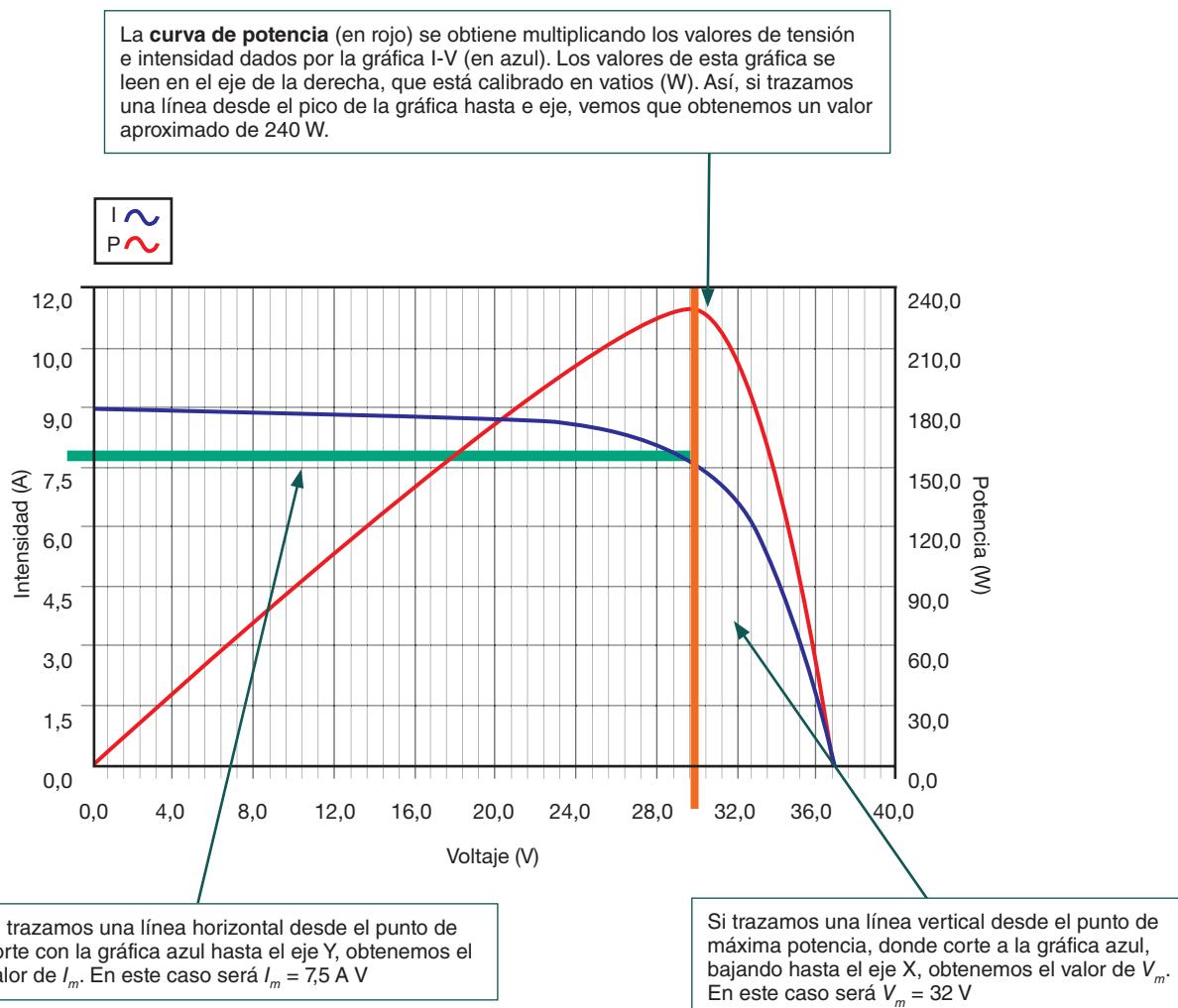
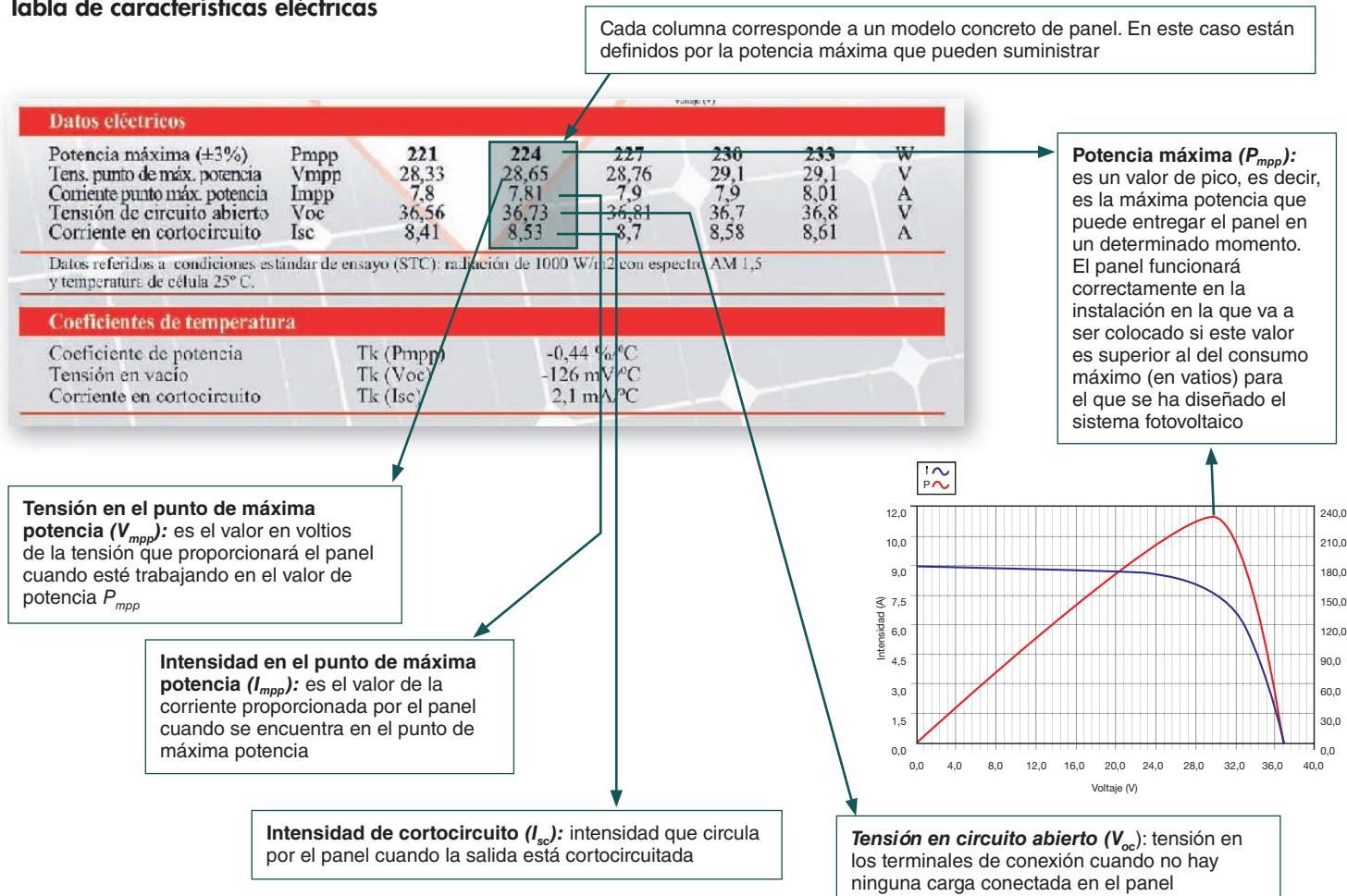


Fig. 1.16

Interpretación de una hoja de características

A partir de la hoja dada por el fabricante de un panel solar, vamos a analizar cómo interpretar los datos que en ella aparecen.

Tabla de características eléctricas



Características físicas

El fabricante nos da una descripción del aspecto físico del panel: medidas, peso, materiales con los que está construido, etc. Estos valores serán importantes a la hora de elegir los soportes para la sujeción del mismo.

Características del producto:

- Vidrio solar altamente transparente de 4 mm y marco de aluminio anodizado para una perfecta estabilidad y una larga duración
- Células monocristalinas de 156x156 mm con elevados niveles de eficiencia.
- Conexiones eléctricas con conectores Tyco
- Potencias: 221Wp, 224Wp, 227Wp, 230Wp y 233Wp
- Tensión nominal del sistema: 1.000 V
- Medidas: 1.674 x 998 x 40 mm.
- Peso: 23 kg.

Variación de parámetros con la temperatura

El fabricante nos proporciona los coeficientes de temperatura sobre los parámetros que debemos tener en cuenta a la hora de la colocación del panel. Estos nos dan idea de la variación que sufren los parámetros del panel a medida que aumenta la temperatura.

Coeficientes de temperatura

Coefficiente de potencia	T _k (P _{mpp})	-0,44 %/°C
Tensión en vacío	T _k (V _{oc})	-126 mV/°C
Corriente en cortocircuito	T _k (I _{sc})	2,1 mA/°C

Ejemplo: la potencia disminuye un 0,44 % por cada grado centígrado que aumenta la temperatura

Importante

La conexión de paneles en serie aumentará la tensión final de la instalación, y la intensidad será igual para todos los módulos. Si los módulos son diferentes, **la intensidad la fijará aquel cuyo valor sea menor**.

5.3 Agrupamiento y conexión de paneles

Dependiendo de la instalación que estemos desarrollando, y de la aplicación para la que se ha diseñado, existe la posibilidad de utilizar un solo panel o un conjunto de paneles que se montarán agrupados sobre un determinado soporte y conectados entre sí eléctricamente.

En aplicaciones de poca potencia, es posible hasta la utilización de paneles solares flexibles, que permitirán aplicaciones como alimentar un equipo de comunicaciones, recargar la batería de un teléfono, etc.

Cuando necesitamos una potencia elevada que no se puede obtener con un único módulo fotovoltaico, se recurre a la conexión en grupo de varios paneles solares.

Paneles solares en serie

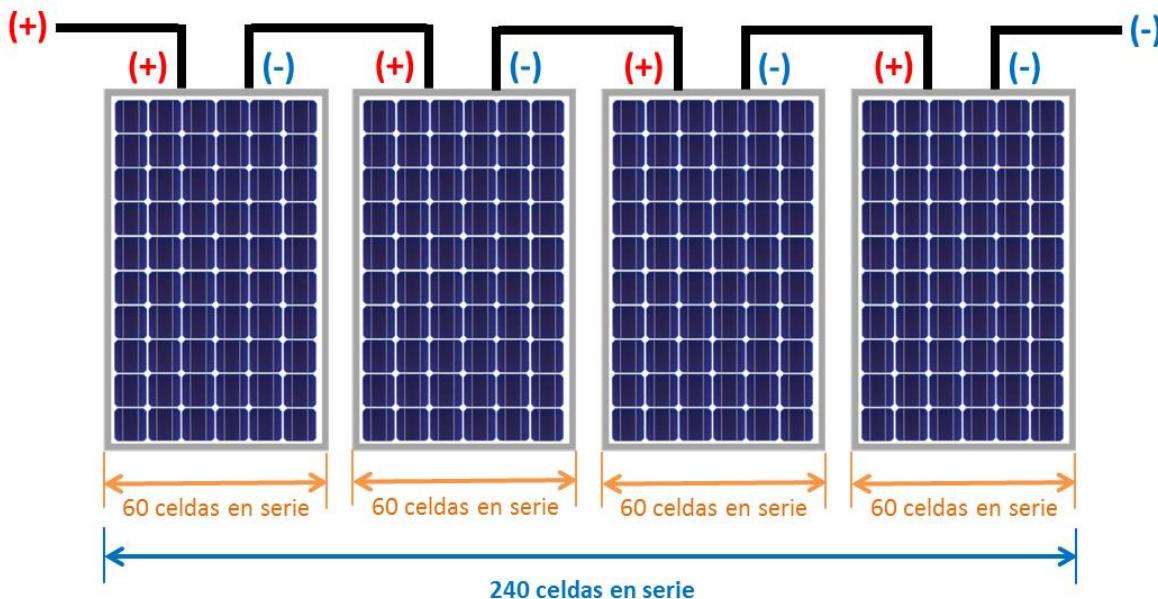


Fig. 1.17. Caja de conexiones de un módulo fotovoltaico.

La conexión de los módulos fotovoltaicos se realiza por la parte posterior de los mismos, en una caja de conexiones preparada para tal fin (Fig. 1.17). Esta caja de conexión contiene los diodos de protección (dioides de bypass), que solo dejarán pasar la corriente en un sentido, y se opondrán a la circulación de la misma en el sentido contrario. Tienen varias misiones:

- Impedir que las baterías de la instalación se descarguen a través de los paneles.
- Evitar que se invierta el flujo de corriente entre bloques interconectados en paralelo cuando en alguno de ellos se produce una sombra.
- Proteger individualmente cada panel de posibles daños ocasionados por sombras parciales que se produzcan por circunstancias especiales.

Sugerencias prácticas para tu actividad como futura Pyme

Elije de un catálogo de fabricante de paneles solares los siguientes elementos:

- Dos paneles cuya tensión de salida sea 12 V, y que tengan distintas potencias máximas.
- Dos paneles cuya tensión de salida sea 24 V, y de dos potencias máximas distintas.