

CELDAS SOLARES

Fuente principal : <https://www.textoscientificos.com/energia/celulas>

Paneles solares para uso domiciliario



Pequeñas celdas solares



Celda Solar 6v
166ma 110 X 60mm
1 Watt Resina Epoxi
Arduino





Panel Solar 270w Policristalino 60 Celdas Energía Solar

ESPECIFICACIONES:

- Dimensiones: 164 cm x 99,2 cm x 4 cm (PUEDE VARIAR)
- Peso: 19 Kg
- Policristalino
- Cantidad celdas: 60

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS:

- V_{mp} : 31.21 V
- I_{mp} : 8.65 A
- V_{oc} : 38.3 V
- I_{sc} : 9.16 A

¿Qué son las celdas solares?

Las células o celdas solares son dispositivos que convierten energía solar en electricidad, ya sea directamente vía el efecto fotovoltaico, o indirectamente mediante la previa conversión de energía solar a calor o a energía química.

La forma más común de las celdas solares se basa en el efecto fotovoltaico, en el cual la luz que incide sobre un dispositivo semiconductor de dos capas produce una diferencia del fotovoltaje o del potencial entre las capas. Este voltaje es capaz de conducir una corriente a través de un circuito externo de modo de producir trabajo útil.



Los orígenes de celdas solares

Aunque las celdas solares eficientes han estado disponibles recién desde mediados de los años 50, la investigación científica del efecto fotovoltaico comenzó en 1839, cuando el

científico francés, Henri Becquerel descubrió que una corriente eléctrica podría ser producida haciendo brillar una luz sobre ciertas soluciones químicas.

El efecto fue observado primero en un material sólido (el metal selenio) en 1877. Este material fue utilizado durante muchos años para los fotómetros, que requerían de cantidades muy pequeñas de energía. Una comprensión más profunda de los principios científicos, fue provista por Albert Einstein en 1905 y Schottky en 1930, la cual fue necesaria antes de que celdas solares eficientes pudieran ser confeccionadas. Una célula solar de silicio que convertía el 6% de la luz solar que incidía sobre ella en electricidad fue desarrollada por Chapin, Pearson y Fuller en 1954, y esta es la clase de célula que fue utilizada en usos especializados tales como satélites orbitales a partir de 1958.

Las celdas solares de silicio disponibles comercialmente en la actualidad tienen una eficiencia de conversión en electricidad de la luz solar que cae sobre ellas de cerca del 18%, a una fracción del precio de hace treinta años. En la actualidad existen una gran variedad de métodos para la producción práctica de celdas solares de silicio (amorphas, monocristalinas o policristalinas), del mismo modo que para las celdas solares hechas de otros materiales (seleniuro de cobre e indio, telurio de cadmio, arseniuro de galio, etc).

¿Cómo se hacen las celdas solares?

Las celdas solares de silicio se elaboran utilizando planchas (wafers) monocristalinas, planchas policristalinas o láminas delgadas

Las planchas monocristalinas (de aproximadamente 1/3 a 1/2 de milímetro espesor) se cortan de un gran lingote monocristalino que se ha desarrollado a aproximadamente 1400°C, este es un proceso muy costoso. El silicio debe ser de una pureza muy elevada y tener una estructura cristalina casi perfecta.

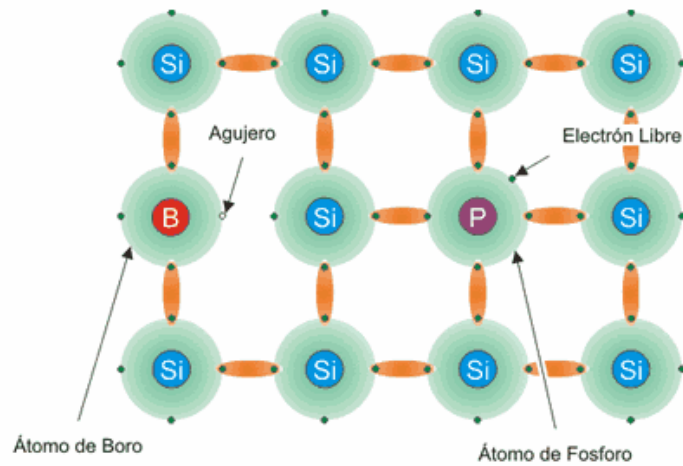
Las planchas policristalinas son realizadas por un proceso de moldeo en el cual el silicio fundido es vertido en un molde y se lo deja asentar. Entonces se rebana en planchas. Como las planchas policristalinas son hechas por moldeo son apreciablemente más baratas de producir, pero no tan eficiente como las celdas monocristalinas. El rendimiento más bajo es debido a las imperfecciones en la estructura cristalina resultando del proceso de moldeo.

En los dos procesos anteriormente mencionados, casi la mitad del silicio se pierde como polvo durante el cortado.

El silicio amorfo, una de las tecnologías de lámina delgada, es creado depositando silicio sobre un sustrato de vidrio de un gas reactivo tal como silano (SiH_4). El silicio amorfo es una de grupo de tecnologías de lámina delgada. Este tipo de célula solar se puede aplicar como película a sustratos del bajo costo tales como cristal o plástico. Otras tecnologías de lámina delgada incluyen lámina delgada de silicio multicristalino, las celdas de seleniuro de cobre e indio/sulfuro de cadmio, las celdas de telurio de cadmio/sulfuro del cadmio y las celdas del arseniuro de galio. Las celdas de lámina delgada tienen muchas ventajas incluyendo una deposición y un ensamblado más fácil, la capacidad de ser depositadas en sustratos o materiales de construcción baratos, la facilidad de la producción en masa, y la gran conveniencia para aplicaciones grandes.

En la producción de celdas solares al silicio se le introducen átomos de impurezas (dopado) para crear una región tipo p y una región tipo n de modo de producir una unión p-n. El dopado se puede hacer por difusión a alta temperatura, donde las planchas se colocan en un horno con el dopante introducido en forma de vapor. Hay muchos otros métodos de dopar el silicio. En la fabricación de algunos dispositivos de lámina delgada la introducción de dopantes puede ocurrir durante la deposición de las láminas o de las capas.

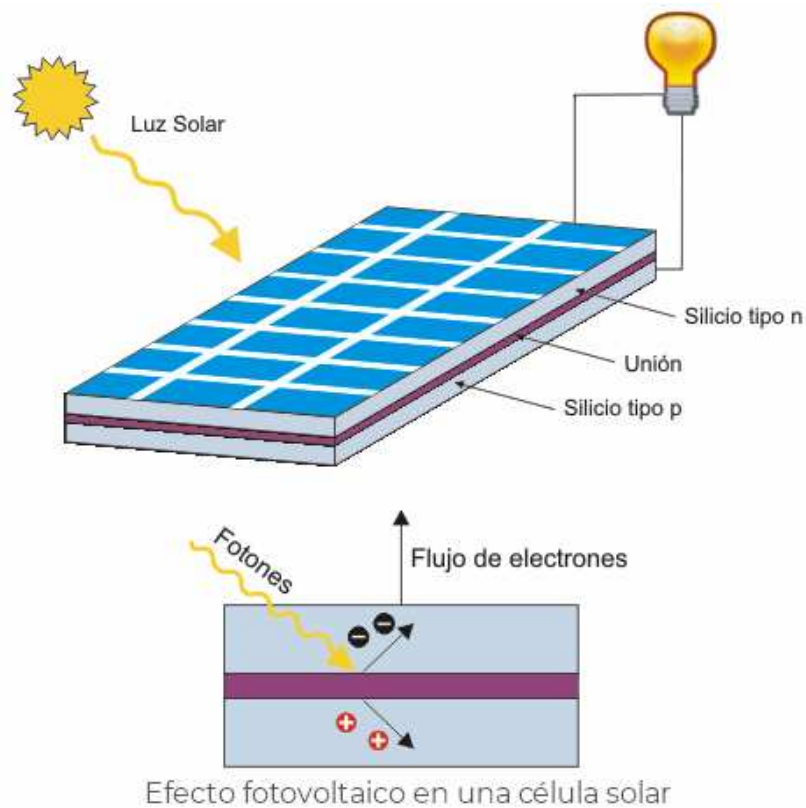
Un átomo del silicio tiene 4 electrones de valencia (aquellos más débilmente unidos), que enlazan a los átomos adyacentes. Substituyendo un átomo del silicio por un átomo que tenga 3 o 5 electrones de la valencia producirá un espacio sin un electrón (un agujero) o un electrón extra que pueda moverse más libremente que los otros, ésta es la base del doping. En el doping tipo p, la creación de agujeros, es alcanzada mediante la incorporación en el silicio de átomos con 3 electrones de valencia, generalmente se utiliza boro. En el dopaje de tipo n, la creación de electrones adicionales es alcanzada incorporando un átomo con 5 electrones de valencia, generalmente fósforo.



Una vez que se crea una unión p-n, se hacen los contactos eléctricos al frente y en la parte posterior de la célula evaporando o pintando con metal la plancha. La parte posterior de la plancha se puede cubrir totalmente por el metal, pero el frente de la misma tiene que tener solamente un patrón en forma de rejilla o de líneas finas de metal, de otra manera el metal bloquearía al sol del silicio y no habría ninguna respuesta a los fotones de la luz incidente.

¿Cómo funcionan las celdas solares?

Para entender la operación de una célula fotovoltaica, necesitamos considerar la naturaleza del material y la naturaleza de la luz del sol. Las celdas solares están formadas por dos tipos de material, generalmente silicio tipo p y silicio tipo n. La luz de ciertas longitudes de onda puede ionizar los átomos en el silicio y el campo interno producido por la unión que separa algunas de las cargas positivas ("agujeros") de las cargas negativas (electrones) dentro del dispositivo fotovoltaico. Los agujeros se mueven hacia la capa positiva o capa de tipo p y los electrones hacia la negativa o capa tipo n. Aunque estas cargas opuestas se atraen mutuamente, la mayoría de ellas solamente se pueden recombinar pasando a través de un circuito externo fuera del material debido a la barrera de energía potencial interno. Por lo tanto si se hace un circuito se puede producir una corriente a partir de las celdas iluminadas, puesto que los electrones libres tienen que pasar a través del circuito para recombinarse con los agujeros positivos.



La cantidad de energía que entrega un dispositivo fotovoltaico esta determinado por:

- El tipo y el área del material
- La intensidad de la luz del sol
- La longitud de onda de la luz del sol

Por ejemplo, las celdas solares de silicio monocristalino actualmente no pueden convertir más el de 25% de la energía solar en electricidad, porque la radiación en la región infrarroja del espectro electromagnético no tiene suficiente energía como para separar las cargas positivas y negativas en el material.

Las celdas solares de silicio policristalino en la actualidad tienen una eficiencia de menos del 20% y las celdas amorfas de silicio tienen actualmente una eficiencia cerca del 10%, debido a pérdidas de energía internas más altas que las del silicio monocristalino.

Una típica célula fotovoltaica de silicio monocristalino de 100 cm^2 producirá cerca de 1.5 vatios de energía a 0.5 voltios de Corriente Continua y 3 amperios bajo la luz del sol en pleno verano (el 1000 Wm^{-2}). La energía de salida de la célula es casi directamente

proporcional a la intensidad de la luz del sol. (Por ejemplo, si la intensidad de la luz del sol se divide por la mitad la energía de salida también será disminuida a la mitad).

Una característica importante de las celdas fotovoltaicas es que el voltaje de la célula no depende de su tamaño, y sigue siendo bastante constante con el cambio de la intensidad de luz. La corriente en un dispositivo, sin embargo, es casi directamente proporcional a la intensidad de la luz y al tamaño. Para comparar diversas celdas se las clasifica por densidad de corriente, o amperios por centímetro cuadrado del área de la célula.

La potencia entregada por una célula solar se puede aumentar con bastante eficacia empleando un mecanismo de seguimiento para mantener el dispositivo fotovoltaico directamente frente al sol, o concentrando la luz del sol usando lentes o espejos. Sin embargo, hay límites a este proceso, debido a la complejidad de los mecanismos, y de la necesidad de refrescar las celdas. La corriente es relativamente estable a altas temperaturas, pero el voltaje se reduce, conduciendo a una caída de potencia a causa del aumento de la temperatura de la célula.

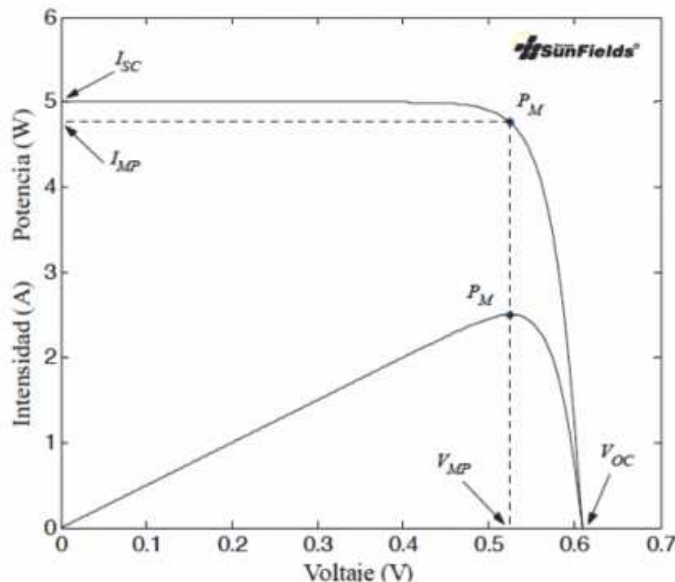
Otros tipos de materiales fotovoltaicos que tienen potencial comercial incluyen el diselenide de cobre e indio (CuInSe_2) y telurio de cadmio (CdTe) y silicio amorfo como materia prima.

APENDICE:

Módulo Fotovoltaico: Listado de Parámetros fundamentales

Cuando se iluminan las células fotovoltaicas de un **módulo fotovoltaico** mientras están conectados a una carga externa, éstas funcionan como generador de energía y genera unos valores de corriente y tensión que son variables en función de la temperatura e irradiancia (*magnitud que describe la radiación o intensidad de iluminación solar que llega hasta nosotros medida como una potencia instantánea por unidad de superficie, W/m^2 o unidades equivalentes*) en ese momento y del punto de trabajo que impone la carga (*esto quiere decir que, por ejemplo, si nuestro panel está conectado a una batería de 12V, limitará la tensión de salida del panel, a 12V*).

Veamos pues, gráficamente, los parámetros característicos en la siguiente gráfica, para definirlos posteriormente:



Curva Tensión/Corriente/Potencia módulo fotovoltaico

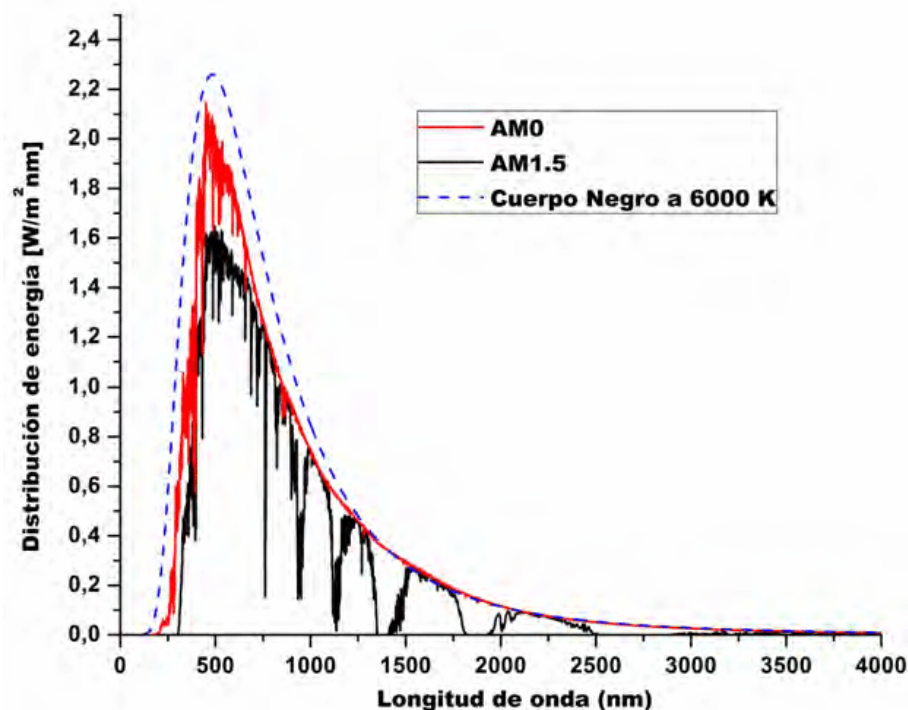
Así pues, los parámetros fundamentales que debes conocer de un de una placa fotovoltaica son:

- La **corriente de cortocircuito (I_{SC})** es el valor de la corriente que circula por la placa solar cuando la tensión en sus terminales es nula, $V = 0$, y es la máxima corriente que se podría llegar a obtener (*en un caso ideal*) del panel solar cuando trabaja como generador.
- La **tensión de circuito abierto (V_{OC})** es la mayor tensión que puede polarizar al dispositivo cuando trabaja como generador.
- El **punto de máxima potencia (P_M)** es un punto de trabajo en el que la potencia entregada por el panel solar a la carga externa, es máxima. La potencia P entregada por el panel es: $P = I \times V$, que se ha representado también en la figura anterior. El punto de trabajo correspondiente, (V_M, I_M) , define los valores nominales de la tensión y la corriente en el punto de máxima potencia (*no confundir con tensión y corriente máximas*), siendo: $P_M = I_M \times V_M$.
- El **factor de forma (FF , del inglés, *Fill Factor*)** es la relación entre la potencia máxima (o el producto de la corriente y la tensión en el punto de máxima potencia) y

el producto de ISC y VOC . Su valor es más alto cuanto mejor es la célula. Por lo general, un valor bajo de FF está asociado con la existencias de pérdidas de eficiencia en el dispositivo, mientras que una célula de buena calidad suele tener valores de FF superiores a 0.70. Por ejemplo, los **paneles solares SunPower** tienen un $FF > 0,75$, lo que confirma que cuanto más alto es el FF , más calidad tiene el panel.

- La **eficiencia**, se expresa habitualmente como un porcentaje y es la relación entre la potencia eléctrica entregada por el panel y la potencia de la radiación que incide sobre él. Una eficiencia estándar estaría en torno al 15-16%, y un **panel de alta eficiencia sería a partir de 19-20%**.

Estos son los parámetros fundamentales de un panel solar, que deben siempre medirse bajo una serie de condiciones de trabajo aceptadas internacionalmente, conocidas como *Condiciones Estándar de Medida* (CEM o *STC*, del inglés, *Standard Test Conditions*), que se definen por 1000 W/m² de irradiancia, con una distribución espectral AM1.5G y 25°C de temperatura.



Estas son las condiciones que se tienen en cuenta a la hora de expresar los valores nominales de un panel solar en sus fichas técnicas.

RESUMEN 1

Una célula solar es un dispositivo capaz de convertir la energía proveniente de la radiación solar en energía eléctrica. La gran mayoría de las células solares que actualmente están disponibles comercialmente son de Silicio mono o policristalino. El primer tipo se encuentra más generalizado y aunque su proceso de elaboración es más complicado, suele presentar mejores resultados en cuanto a su eficiencia.

Por otra parte, la experimentación con materiales tales como el Telurio de Cadmio o el Diseleniuro de Indio-Cobre está llevando a las células fabricadas con estas sustancias a situaciones próximas ya a aplicaciones comerciales, contándose con las ventajas de poderse trabajar con tecnologías de láminas delgadas.

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE LA CELULA SOLAR: Cuando conectamos una célula solar a una carga y la célula está iluminada, se produce una diferencia de potencial en extremos de la carga y circula una corriente por ella (efecto fotovoltaico).

La corriente entregada a una carga por una célula solar es el resultado neto de dos componentes internas de corriente que se oponen. Estas son:

Corriente de iluminación: debida a la generación de portadores que produce la iluminación.

$$I_{ph} = I_L$$

Corriente de oscuridad: debida a la recombinación de portadores que produce el voltaje externo necesario para poder entregar energía a la carga.

$$I_D(V) = I_0 \left[\exp \frac{eV}{KT_c} - 1 \right]$$

Los fotones serán los que formaran, al romper el enlace, los pares electrón-hueco y, debido al campo eléctrico producido por la unión de materiales en la célula de tipo P y N, se separan antes de poder recombinarse formándose así la corriente eléctrica que circula por la célula y la carga aplicada.

Algunos fotones pueden no ser aprovechados para la creación de energía eléctrica por diferentes razones:

- Los fotones que tienen energía inferior al ancho de banda prohibida del semiconductor atraviesan el semiconductor sin ceder su energía para crear pares electrón-hueco.
- Aunque un fotón tenga una energía mayor o igual al ancho de banda prohibida puede no ser aprovechado ya que una célula no tiene la capacidad de absorberlos a todos.
- Además, los fotones pueden ser reflejados en la superficie de la célula.

CURVA CARACTERÍSTICA I-V DE ILUMINACIÓN REAL: La curva I-V de una célula fotovoltaica representa pares de valores de tensión e intensidad en los que puede encontrarse funcionando la célula. Los valores característicos son los siguientes:

TENSIÓN DE CIRCUITO ABIERTO (V_{oc}): que es el máximo valor de tensión en extremos de la célula y se da cuando esta no está conectada a ninguna carga.

CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO (I_{sc}): definido como el máximo valor de corriente que circula por una célula fotovoltaica y se da cuando la célula está en cortocircuito.

La siguiente ecuación representa todos los pares de valores (I/V) en que puede trabajar una célula fotovoltaica.

$$I = I_L - I_0 \left[\exp \frac{e(V + IR_s)}{KT_c} - 1 \right] - \frac{V + IR_s}{R_p}$$

También se puede expresar con:

$$I = I_{sc} \cdot \left(1 - e^{-\frac{e(V_{oc}-V)}{nKT}} \right)$$

PUNTO DE MAXIMA POTENCIA "PMP" (PM): Es el producto del valor de tensión máxima (VM) e intensidad máxima (IM) para los que la potencia entregada a una carga es máxima.

FACTOR DE FORMA (FF): Se define como el cociente de potencia máxima que se puede entregar a una carga entre el producto de la tensión de circuito abierto y la intensidad de cortocircuito, es decir:

$$FF = \frac{I_M \cdot V_M}{V_{oc} \cdot I_{sc}}$$

EFICIENCIA DE CONVERSIÓN ENERGÉTICA O RENDIMIENTO: Se define como el cociente entre la máxima potencia eléctrica que se puede entregar a la carga (PM) y la irradiancia incidente (PL) sobre la célula que es el producto de la irradiancia incidente G por el área de la célula S:

$$\eta = \frac{P_M}{P_L} = \frac{I_M \cdot V_M}{P_L}$$

Dichos parámetros se obtienen en unas **condiciones estándar** de medida de uso universal según la norma EN61215.

Irradiancia: 1000W/m² (1 KW/m²)

Distribución espectral de la radiación incidente: AM1.5 (masa de aire)

Incidencia normal.

Temperatura de la célula: 25°C

Otro parámetro es la *TONC* o *Temperatura de Operación Nominal de la Célula*. Dicho parámetro se define como la temperatura que alcanzan las células solares cuando se someten a las siguientes condiciones de operación:

Irradiancia: 800W/m²

Distribución espectral de la radiación incidente: AM1.5 (masa de aire)

Incidencia normal

Temperatura ambiente: 20°C

Velocidad del viento: 1m/s

INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA EN LOS PARÁMETROS BÁSICOS DE UNA CÉLULA FOTOVOLTAICA: Al aumentar la temperatura de la célula empeora el funcionamiento de la misma:

- Aumenta ligeramente la Intensidad de cortocircuito.
- Disminuye la tensión de circuito abierto, aprox: -2.3 mV/°C
- El Factor de Forma disminuye.
- El rendimiento decrece.

RESUMEN 2:

Los paneles solares que producen electricidad se denominan paneles fotovoltaicos. También se utiliza a menudo el PV que es nada más que una abreviatura de la palabra Inglés Photovoltaic.

Los paneles solares fotovoltaicos son diferentes de los paneles solares que producen agua caliente. Los paneles fotovoltaicos utilizan la luz solar para generar electricidad y paneles solares térmicos, utilizan el calor del sol para calentar el agua.

Las partículas de luz que viajan constantemente desde el Sol a la Tierra son llamados fotones.

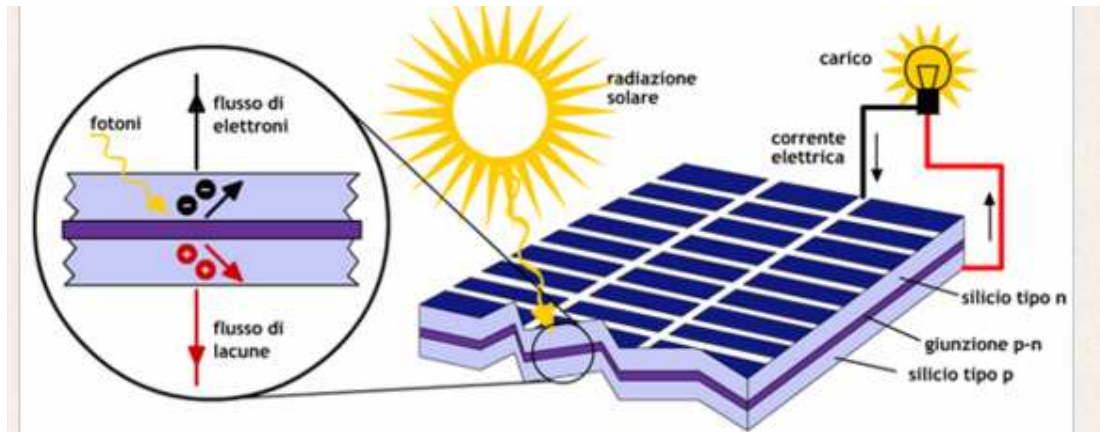
Un fotón tarda sólo 8 minutos en llegar desde el Sol a la Tierra. (La Tierra orbita a una distancia media de 150 millones de kilómetros. La luz se mueve en 300.000 km / segundo)

Un panel fotovoltaico consiste en una serie de células solares conectadas entre sí. Cuando la luz incide una célula fotovoltaica, los fotones son absorbidos por la célula fotovoltaica. Los electrones dentro de la célula se liberan por el efecto fotoeléctrico (descubierto por Albert Einstein por el que fue galardonado con el Premio Nobel en 1921), lo que permite que los electrones se muevan libremente.

Este flujo de electrones se llama electricidad definida como de corriente continua.

La corriente continua no se puede utilizar de manera convencional en una casa o en el trabajo, ya que necesita ser convertida en corriente alterna y esto se hace con un inversor.

La electricidad que sale de un inversor está lista para ser utilizada por los dispositivos eléctricos normales de uso común en el hogar.



Como afecta la temperatura a una placa solar

Fuente: <https://www.monsolar.com/blog/como-afecta-la-temperatura-a-una-placa-solar-2/>

Para calcular como afecta la temperatura a una placa solar tenemos que tener claros los siguientes conceptos. Los datos del fabricante están medidos en condiciones de medición estándar (STC por su sigla en inglés):

- **1000 W/m² de irradiación,**
- **25°C de temperatura de célula** (tendríamos una temperatura de célula así cuando la temperatura ambiente fuese aproximadamente -5°C. **Aproximadamente la temperatura de la célula será unos 25°C mayor que la temperatura exterior**)
- **y una distribución espectral de 1,5 AM**, condiciones que muy raramente se reproducen en nuestro día a día.

Más habituales son irradiaciones de 800W/m² y temperaturas exteriores muy superiores a las estándar de medida.

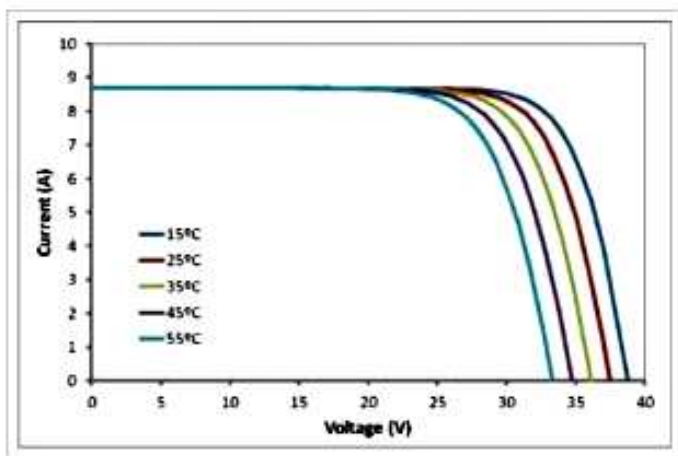
Por lo tanto para calcular las condiciones reales de operación de una placa solar debemos consultar la ficha de características técnicas del fabricante los siguientes parámetros.

- **TONC – Temperatura de operación de la célula.** Es la temperatura que alcanzan las células solares dependiendo de la temperatura exterior y la irradiación solar. Este valor suele estar entre 43 y 47°C, **cuanto menor sea mejor.** Como valor de referencia podemos usar 45°C.
- **Coeficiente de temperatura de Potencia.** Es la pérdida porcentual de potencia por cada grado por encima de los 25°C. Normalmente entre -0,43 y -0,47%/°C. **Cuanto menor, mejor.**
- **Coeficiente de temperatura de Voc.** Es la pérdida porcentual de tensión de circuito abierto de la placa solar por cada grado de diferencia entre la temperatura ambiente de referencia 25°C y la temperatura de operación de las células. Normalmente entre -0,33 y -0,34%/°C. **Cuanto menor, mejor.**
- **Coeficiente de temperatura de Vmp.** Es la pérdida porcentual de tensión de máxima potencia por cada grado de diferencia entre la temperatura ambiente de referencia 25°C y la temperatura de operación de las células. Normalmente entre -0,36 y -0,39%/°C. **Cuanto menor, mejor.**

La temperatura de trabajo de la célula está relacionada con la temperatura ambiente y la irradiación y se puede obtener mediante la siguiente fórmula:

$$T_c = T_a + G \cdot \frac{TONC - 20}{800}$$

- T_c : temperatura de trabajo de la célula (°C)
- T_a : temperatura ambiente (°C)
- $TONC$: temperatura de operación nominal de la célula (°C)
- G : irradiancia (W/m^2)



EJEMPLO:

Pongamos por ejemplo un día de verano a las 12h del mediodía cuando tenemos:

- irradiancia de 800W
- temperatura exterior de 40°C.

La temperatura de trabajo de las células solares estará en: $T_c = 40^\circ C + 800W \cdot (45^\circ C - 20^\circ C) / 800W = 65^\circ C$
 Por lo que tenemos una variación de temperatura de operación de la célula de: $65^\circ C - 25^\circ C = 40^\circ C$ sobre las condiciones estándar de medida.

Si nuestra placa solar tiene un **coeficiente de temperatura Voc de -0,33%/°C** y una **Voc = 45,6V**
 Caída de Tensión por cada voltio de Voc → $-0,33\% \times 40^\circ C = -0,132V$
 Caída de total de Voc → $-0,132V \times 45,6V = -6,01V$

Por lo tanto, con temperatura exterior de 40°C la Voc de la placa solar sería 39,59V

RESUMEN:

La temperatura de operación de la célula suele ser unos 25°C superior a la temperatura exterior.

La temperatura de operación de la célula afecta notablemente la tensión de salida de las placas solares

Mayor temperatura → Menor tensión de salida. Es importante tener en cuenta para que la tensión de las placas solares sea siempre 2 voltios superior, como mínimo, a la tensión de batería.

Menor temperatura → Mayor tensión de salida. Es importante tener en cuenta para no sobrepasar la tensión máxima permitida a la entrada de los reguladores e inversores MPPT.

CONCLUSIONES:

Utilizar placas solares de 60 células con $V_{mp} = 30V$ con reguladores PWM para cargar baterías es un error. Las placas solares tendrán tensiones de salida inferiores a los 28,8V necesarios para realizar cargas de baterías.

Los reguladores MPPT están limitados por la tensión de CC máxima que pueden admitir a la entrada, normalmente 100V o 150V. Debemos tener en cuenta el incremento de tensión V_{oc} de las placas solares con temperaturas bajas para no sobrepasar el valor de V_{max} del regulador.