

Boletín 14

PANELES SOLARES CONCEPTOS BASICOS

Boletín técnico N° 14
Ing. Gregor Rojas

Caracas - Venezuela

PANELES SOLARES. CONCEPTOS BASICOS

Por:

Ing. Gregor Rojas
GERENTE NACIONAL
MERCADERO Y VENTAS
División materiales eléctricos

1. Generalidades.

El constante incremento en la demanda de electricidad, las fallas y el consiguiente aumento en los costos, conduce a la energía solar en todo el planeta como fuente inagotable y Venezuela no escapa a esta realidad, esta energía obtenida a través del empleo de paneles solares, se convierte en una excelente opción para aplicaciones comerciales, industrial y doméstico.

La energía eléctrica es tan importante que no nos imaginamos vivir sin ella, no obstante, al beneficiarnos según sea la fuente generamos un impacto importante al medio ambiente y gran daño a nuestro planeta. Por lo anterior es primordial que tomemos conciencia para alcanzar un cambio favorable en la naturaleza, partiendo del uso de las energías renovables o verdes como el uso de paneles solares para generar electricidad.

En 1839, el físico francés Alexandre Edmunde Becquerel, descubre el efecto fotovoltaico, no obstante, es en 1905 cuando Albert Einstein descubre información sobre este efecto, para dar más detalles y explicar cómo funciona el efecto fotovoltaico.

2. Paneles solares.

Los paneles solares son dispositivos que tienen la función de transformar la energía lumínica que nos proporciona el sol en electricidad.

Un panel solar es un aparato que utiliza la energía proveniente del sol para transformarla en energía eléctrica, son dispositivos que están compuestos por celdas solares hechas de silicio cristalino, el

cual tiene la propiedad de cambiar la luz del sol en electricidad. Cuanto más grande sea el panel, podrá recibir más luz solar y en consecuencia generara más electricidad.

Para comprender que son los paneles solares debemos comenzar por conocer su componente fundamental que es la celda solar, los paneles solares están constituidos por numerosas celdas solares.

3. Celdas solares.

Una celda solar es una pequeña placa generalmente hecha de silicio cristalino y que por su composición convierte la luz del sol en electricidad a través del efecto fotoeléctrico.

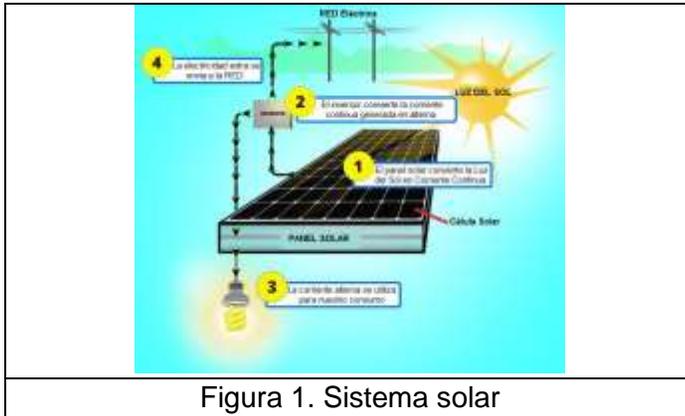
Los paneles solares en realidad no es más que una placa grande en la que hay una gran cantidad de celdas solares. Una celda solar convierte la energía del sol en electricidad, al estar el panel solar constituidos por muchas celdas solares cada una contribuye generando mucha más energía que una sola celda solar, estas celdas se conectan unas con otras en serie en el interior del panel.

Las células solares están hechas de silicona, como semiconductores. Están construidos con una capa positiva y una capa negativa, que juntas crean un campo eléctrico, como en una batería.

La función principal de la celda es generar electricidad. Las células solares de cristal de silicio tienen costos relativamente bajos y la eficiencia de conversión fotoeléctrica es alta, haciéndolas más adecuadas para la generación de energía solar.

estas células fotovoltaicas son los elementos primarios que desencadenan la reacción física capaz de crear un campo eléctrico de corriente continua. Más precisamente, cuando la luz solar incide sobre ellos, el panel genera a partir de los diferenciales de carga entre dos capas de silicio, corriente eléctrica continua. Este último, para ser utilizado por usuarios comunes, debe convertirse

en corriente alterna a través del inversor. en la figura 1 se puede apreciar como es un sistema de energía solar a través de paneles solares.



4. Tipos de paneles solares.

Existen tres tipos de paneles solares:

4.1 Paneles solares fotovoltaicos.

Están compuestos por células fotovoltaicas, que como mencionamos antes, permiten transformar energía solar en energía eléctrica. Dentro de este tipo de paneles encontramos una variedad tales como: paneles solares monocristalinos (de un único cristal) y los policristalinos (con pequeñas partículas cristalizadas).

4.2 Paneles solares térmicos.

Este tipo de panel transforma la energía solar en energía térmica o calor, entre sus funciones están: climatizar casas o piscinas y sirve para la creación de vapor.

Contienen un líquido que absorbe el calor y convierten la energía del sol en energía térmica en el líquido y transportan esta energía térmica hacia nuestros hogares.

4.3 Paneles solares híbridos.

Como su nombre lo indica, es una mezcla entre el panel solar fotovoltaico y el térmico, ya que esta combinación ayuda a generar electricidad y calor al mismo tiempo, tanto para hogares como oficinas o donde sean requeridos.

Ing. Gregor Rojas

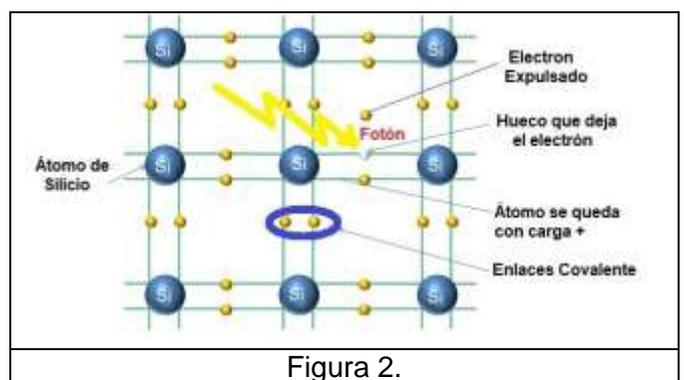
5. Como operan los paneles fotovoltaicos.

Cuanto mayor sea el panel solar, es decir más superficie tenga, más energía recibirá del sol, más celdas tendrá y más electricidad podrá generar. Esta electricidad generada por el panel es la que podemos luego utilizar en nuestras casas para nuestros electrodomésticos, luz, etc. Esta energía obtenida de los paneles solares fotovoltaicos es la denominada Energía Solar Fotovoltaica.

Para entender el funcionamiento de un panel solar basta con entender como funciona una sola celda solar, ya que un panel es simplemente la unión de varias celdas.

Los metales fotoeléctricos son aquellos que al incidir la luz sobre ellos se liberan electrones de sus átomos. Realmente son los fotones de la luz los que liberan los electrones del metal, al cederles su energía. El silicio es un ejemplo de metal fotoeléctrico, al llegarle los fotones de la luz del sol, estos ceden su energía a los electrones de la última capa de los átomos de silicio y rompe la unión con su átomo quedando libre para moverse por el material.

Estos electrones libres son los que producen la electricidad, convirtiendo la luz del sol en corriente eléctrica, en la figura 2 se aprecia cómo se produce este efecto.



Las celdas solares fotovoltaicas son pequeñas células hechas de silicio cristalino o arseniuro de galio, ambos materiales fotoeléctricos y además

también son semiconductores, porque son materiales que pueden comportarse como conductores de electricidad o como aislantes, dependiendo del estado en que se encuentren. Como es del conocimiento de todos, el silicio es el semiconductor más empleado en electrónica y en la fabricación de celdas fotovoltaicas. El silicio puro cuenta con cuatro electrones de valencia que comparte con los átomos vecinos para hacer los enlaces covalentes. Al añadir impurezas con más o menos electrones de valencia como el fósforo 5 o el boro 3, se modifican las propiedades conductoras del Silicio.

5.1 Semiconductor extrínseco tipo N.

Se produce al dopar en la estructura cristalina de silicio impurezas. Dichas impurezas serán de un elemento con cinco electrones de valencia en su orbital externo. Estas impurezas pueden ser Fósforo, Antimonio o Arsénico. Como se aprecia en la figura 3 el átomo de fosforo "P" crea los cuatro enlaces covalentes. Además le sobra un electrón que se sale de su órbita para que quede estable.

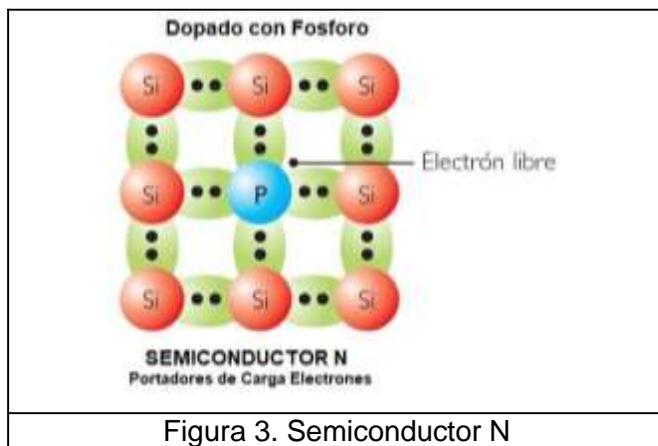


Figura 3. Semiconductor N

Con cada átomo de fosforo aparece un electrón libre en la estructura aumenta la conductividad eléctrica del material. Son conocidos con el nombre de semiconductores tipo N por ser negativa la carga de los portadores añadidos (electrones).

5.2 Semiconductor extrínseco tipo P.

Se produce al dopar en la estructura cristalina del Silicio impurezas. Dichas impurezas deben ser de un elemento con tres electrones de valencia en su orbital exterior.

Estas impurezas pueden ser Boro, Galio o Indio. Como se aprecia en la figura 4, el átomo de Boro solo crea tres enlaces covalentes. De esta forma queda un átomo de silicio con un electrón sin enlazar. Aparece entonces un hueco que se comporta como una carga positiva que se mueve en el interior de la red cristalina. Son conocidos con el nombre de semiconductores tipo P por ser positiva la carga de los portadores añadidos.

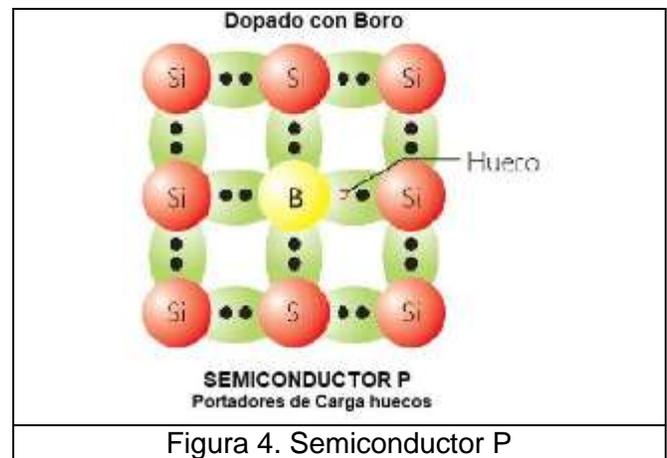


Figura 4. Semiconductor P

5.3 Unión del semiconductor PN.

Cuando se realiza la unión del semiconductor N con el semiconductor P que vimos anteriormente, se genera una transmisión o paso de electrones como sigue:

- De la zona N que posee una concentración alta de electrones pasan a la zona P que a su vez posee una baja concentración de electrones = con huecos.
- Los huecos se desplazan desde donde hay mayor concentración (zona P) a donde hay menos concentración (zona N).

En este movimiento de cargas, se produce en la zona de unión una neutralización debido a la combinación de electrones y huecos.

El voltaje que aparece entre las zonas, llamada barrera de potencial impide que continúe el movimiento de cargas, ya que las cargas positivas de la zona N repelen a los huecos que se acercan de P, y las cargas negativas de la zona P repelen a los electrones que se acercan de N.

Al exponer a la radiación solar la parte N de la unión, le incidirán fotones que moverán los electrones libres por el efecto fotoeléctrico. No obstante, estos electrones no podrán pasar de la zona N a la P por la diferencia de potencial que se generó en la región intermedia de la unión.

Al colocar en cortocircuito a través de un conductor la zona N con la P, los fotones de las radiaciones solares moverán los electrones del silicio de la parte N y ahora sí que estos electrones escapan por el conductor hacia la parte P, donde encontrarán huecos para unirse a ellos.

La parte P quedará cargada más negativamente por el arribo de electrones y la N más positiva debido a la partida de esos electrones. Mientras permanezca la luz a la parte N continuara el flujo de electrones hacia la parte P y se continuará produciendo corriente eléctrica.

Lo anterior es debido a que los electrones llegados a la parte P de la N repelen a los que están en la zona intermedia y les hace pasar a la zona N. Estos ahora en la zona N se escapan por el exterior por la luz que incide sobre ellos (efecto fotoeléctrico).

En otras palabras, al llegar los electrones de la parte N a la parte P por el efecto fotoeléctrico, estos se recombinan con huecos de la parte P haciendo esta parte más negativa, y la parte P que abandonaron los electrones será más positiva. La diferencia de potencial en el interior de la unión o

celda se incrementará. En definitiva la luz sobre la parte N genera una corriente eléctrica de N a P.

Los fotones al incidir sobre la zona N producen una corriente eléctrica por el exterior de la unión y además una corriente eléctrica por el interior de la misma.

En la medida que incidan fotones en la parte N habrá corriente eléctrica en el material semiconductor.

Si acoplamos la parte de silicio tipo N con la parte tipo P mediante a través de un bombillo, una batería, etc., la corriente eléctrica circulara a través del elemento de unión o la carga. Como se puede apreciar en la figura 5 el semiconductor tipo N esta en la parte iluminada de la celda. Solamente si estas celdas tienen carga positiva (P) y negativa (N) pueden generar electricidad, de lo contrario no.

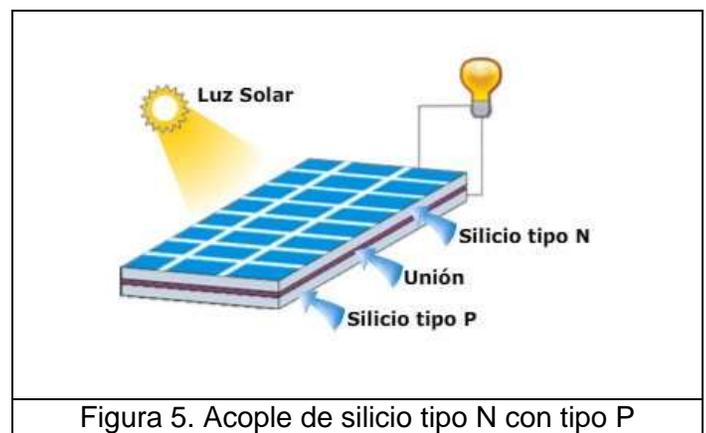


Figura 5. Acople de silicio tipo N con tipo P

6. Operación de los paneles solares.

Una celda solar típica posee una superficie de alrededor de 245 centímetros cuadrados y produce una potencia cercana a los 4 vatios a un voltaje de 0,5V con una intensidad entre 7 y 8 amperios, recuerde que una celda solar es un componente del panel solar. Debido al bajo valor de voltaje y potencia de una celda, se hace necesario la participación de otras celdas en serie conformando de esta forma lo que denominamos panel solar o módulo fotovoltaico.

La mayor parte de los paneles solares o módulos fotovoltaicos están conformados por 36 o 96 celdas solares conectadas en serie. Cuando conectamos en serie varias celdas solares, el voltaje de cada una de ellas se sumará obteniendo el voltaje total del panel solar o modulo fotovoltaico.

Por su parte, la intensidad será la misma que la suministrada por una de las celdas y la potencia total del panel solar es la suma de las potencias con que contribuye cada celda que conforma el panel solar.

Ten presente que en serie se suman los voltajes y las corrientes son iguales, mientras que en paralelo se suman las intensidades y los voltajes son iguales.

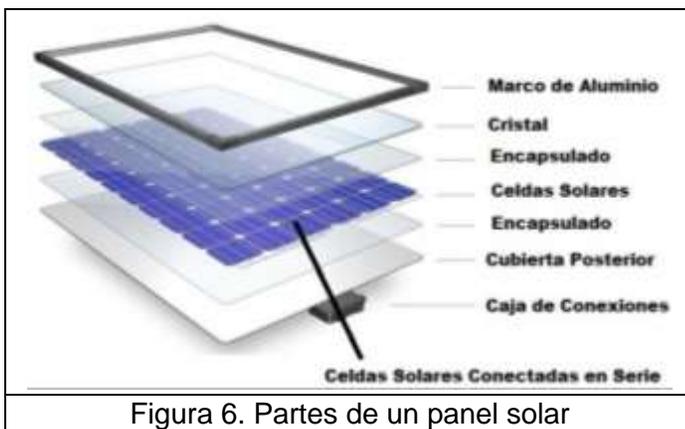


Figura 6. Partes de un panel solar

Como puedes ver los paneles solares llevan un cristal con un marco de aluminio que tiene la misión de proteger las celdas solares de los agentes atmosféricos.

Esta superficie debe ser anti reflexiva y antiadherente para que no se quede pegada la suciedad.

7. Características de los paneles solares.

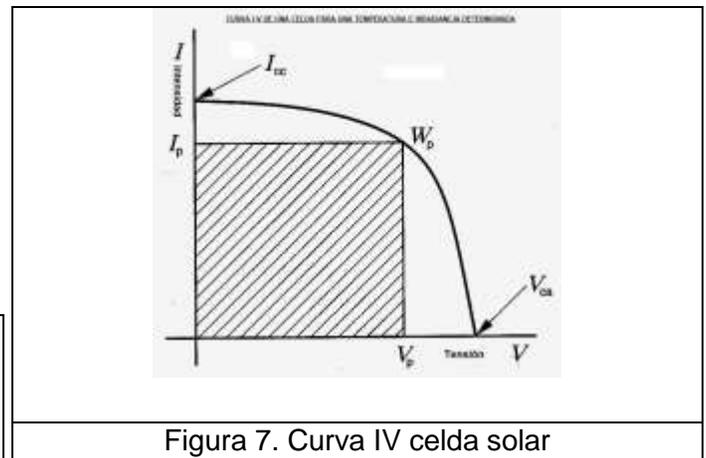
A continuación trataremos las características de los paneles solares, parte importante a la hora de elegir el panel adecuado para nuestra instalación solar fotovoltaica.

Ing. Gregor Rojas

7.1 Curva I-V de una Celda Solar.

La curva I-V de una célula fotovoltaica representa pares de valores de tensión e intensidad en los que pueden encontrarse funcionando la célula y representa el comportamiento típico en la salida de un dispositivo fotovoltaico.

La curva IV que se puede observar en la figura 7 aplica para una sola célula como para un panel solar o sistema solar.



Esta curva es para una irradiancia determinada, pero para cada irradiancia y temperatura tendrá su curva diferente.

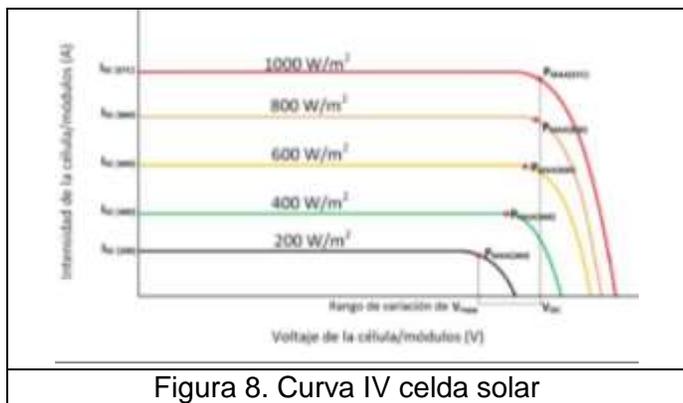
Tenga presente que la corriente y el voltaje de trabajo de un dispositivo fotovoltaico dependen de:

- Radiación solar incidente, esta se mide con una unidad denominada irradiancia y corresponde a la energía de la luz solar.
- Temperatura ambiente.
- Características de la carga conectada al sistema solar o al panel.

En la curva característica de una celda o un panel fotovoltaico, para una determinada irradiancia y una temperatura, generalmente de 1000 W/m² y 25 °C se definen los siguientes parámetros:

- Intensidad de cortocircuito I_{cc} cuando el voltaje es cero, también se puede observar como I_{sc} .
- Voltaje de circuito abierto V_{ca} cuando la intensidad es cero), también se puede observar como V_{oc} .
- Intensidad en el punto de máxima potencia I_{pm} o I_{mpp} .
- Voltaje en el punto de máxima potencia V_{pm} o V_{mpp} .
- Punto de máxima potencia. Donde $W_p = I_{pm} \times V_{pm}$. En oportunidades llo podemos ver como P_m .

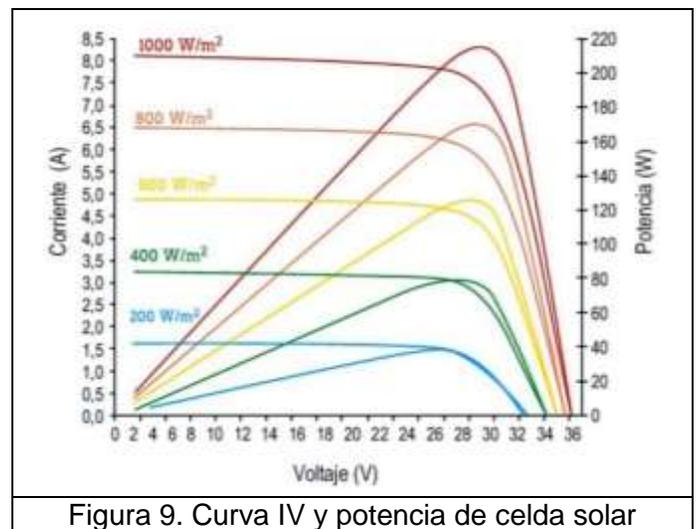
En la figura 8 podemos observar las diferentes curvas según la irradiancia en una celda solar.



Cabe destacar que como la Potencia es el producto del voltaje por la intensidad, podemos incluir en la gráfica de la figura 8 las curvas de las potencias, tal como se puede ver a la figura 9 se adicionó el eje de las potencias.

Otro dato importante en una celda solar es el factor de forma (FF), que es la relación entre la potencia máxima o el producto de la corriente y el voltaje en el punto de máxima potencia y el producto de I_{cc} y V_{ca} . Su valor es más alto cuanto mejor es la célula.

$$FF = \frac{V_{pm} \times I_{pm}}{V_{ca} \times I_{cc}}$$



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. Los valores típicos son entre 0,7 y 0,8.

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 cuya nomenclaturas son CEM o STC que del inglés es Standard Test Conditions, que se definen por 1000 W/m² de irradiancia, con una distribución espectral AM1.5G y 25°C de temperatura.

Recuerde, que cuando conectamos varios paneles solares en serie, los voltajes de cada panel se suman, mientras que la corriente permanece igual para todos los paneles solares en serie y será la de un solo panel, exactamente la del panel que menos intensidad.

Por otra parte, cuando conectamos varios paneles en paralelo, las corrientes de cada panel se suman, permaneciendo igual el voltaje en cada panel, al voltaje del panel con menor voltaje.

La potencia total de una instalación de varios paneles conectados en serie o paralelo siempre la potencia será la suma de todos los paneles, tanto de los que están conectados en serie, así como los que estén conectados en paralelo.

7.2 Energía Producida por un Panel solar.

Los paneles solares pueden producir energía que es proporcionada por la fórmula siguiente:

$$\text{Energía diaria del panel} = \text{Impp} \times \text{Vmpp} \times \text{HSP} \times \\ \text{rendimiento de trabajo del panel} = \\ \text{whd (vatios hora diarios)}$$

Dónde:

- Impp es la intensidad a máxima potencia.
- Vmpp es el voltaje a máxima potencia.
- HSP son las horas de Sol Pico. Este valor depende de la localización, inclinación, etc., del panel.
- Rendimiento de trabajo panel varía entre el 80% y 90%. Este rendimiento determina las pérdidas de energía en el panel, por lo general por suciedad.

En la fórmula anterior, podemos sustituir (Impp x Vmpp) por Wp, potencia pico o potencia a máxima potencia.

Los fabricantes de paneles solares disponen de las hojas de características o ficha técnica de sus paneles o placas solares donde se encuentra toda la información que hemos visto anteriormente.

8. Aplicación de los paneles solares.

La principal utilidad de los paneles solares es para uso doméstico que son instalados en los techos de las casas, a objeto de suministrar energía eléctrica a electrodomésticos, proporcionarnos luz, calentar agua, etc.

Otra aplicación de los paneles solares es para la alimentación de zonas agrícolas, industrias y comerciales, para alumbrado público, y una muy particular es para la alimentación de energía de satélites, también llamada energía solar espacial.

En el exterior de los satélites están paneles solares que absorben la luz del sol y generan electricidad que puede ser utilizada para el funcionamiento del propio satélite o para transmitirla a la Tierra.

Un ejemplo sería cuando una estación satelital envía la energía recolectada del sol a la tierra en forma de microondas o láseres.

9. Ventajas de los paneles solares.

La principal ventaja de utilizar paneles solares es que producen energía limpia y renovable, sin tener que recurrir a los recursos fósiles y energía nuclear.

Los paneles solares también ayudan a ahorrar energía e instalar un sistema renovable en casa es bastante rápido, aparte que el mantenimiento de estos paneles solares es mínimo y su vida es bastante larga. Aunque al principio puedan resultar algo caros, en cuestión de años habremos recuperado la inversión inicial y estaremos recibiendo energía solar en nuestros hogares de forma gratuita, cosa que no pasa con los combustibles fósiles.

Otra gran ventaja es la de por fin poder liberarnos del monopolio de las empresas que nos suministran energía. Nosotros mismos podemos ser nuestros propios suministradores de energía gracias a los paneles solares.

10. Desventajas de los paneles solares.

Los paneles solares proporcionan energía limpia, sin embargo, su fabricación aún depende de energías no limpias, tal es el caso del silicio o arseniuro de galio que tienen que extraerse de la tierra y luego son transformados en diferentes

procesos para poder colocarlos en el panel, aparte de otros materiales que lo componen. Los paneles solares son costosos aun cuando luego se recupere la inversión a lo largo de su utilización. El precio de una instalación de paneles solares en una vivienda puede estar en el orden de unos 8.000 USD a 25.000 USD en función de la potencia que se está manejando.

La principal desventaja de los paneles solares, es que dependen del estado del tiempo, tal como se ha hecho saber a mayor cantidad de luz sobre los paneles obtenemos mayor energía, al contrario disponemos de un clima escaso de sol los paneles solares fotovoltaicos no nos serian muy útiles. Por esta razón la aplicación de paneles solares es más común en zonas de climas secos y cálidos que en climas fríos y húmedos.

Otra desventaja significativa es el espacio disponible para su colocación, ya que para que los paneles solares funcionen con eficiencia necesitan cubrir bastante espacio. Por ejemplo, para una casa pequeña, el espacio que necesitan los paneles solares sería desproporcionado en comparación con la propia casa y sus elementos. No obstante en casas donde exista disponibilidad de espacio esta sería una gran solución a sus deficiencias de energía eléctrica.