

# LA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

## *Introducción:*

La energía solar es de vital importancia, ya que casi toda la energía que se dispone en el planeta proviene directa o indirectamente del Sol. Una de las tecnologías de energías renovables para la generación de electricidad es la conversión de la luz solar a energía eléctrica a través del efecto fotoeléctrico.

En principio el uso de la energía fotovoltaica fue aplicada en el área espacial, en el uso de satélites y posteriormente naves y laboratorios espaciales; aunque el nuevo impulso fue dado en la década del 70, debido al conflicto árabe-israelí. La tecnología fotovoltaica se está convirtiendo rápidamente en una parte vital del suministro eléctrico mundial. Desde el año 1987, la demanda mundial de sistemas fotovoltaicos ha aumentado casi el 300 %. Los nuevos conflictos por el petróleo, como la invasión aliada a Irak, hacen pensar más cada día en utilizar energías renovables. Es por eso que se llevan a cabo nuevas investigaciones, para lograr un desafío tecnológico superior en sistemas alternativos y por supuesto en la tecnología fotovoltaica.

Su aceptación es cada vez mayor, sobre todo en áreas remotas, donde la energía convencional puede llegar a ser difícil de conseguir y por ende muy costosa. También ha sufrido un incremento importante el último lustro, donde ésta tecnología se empezó a incorporar en las ciudades, integrándose a los edificios, no sólo como sistema generador de energía, sino también como parte de los edificios, ya sea: fachadas, muros cortina ventilado, parasoles, tejas, etc. Se piensa en estrategias de integración, donde deberá adaptarse a los requerimientos arquitectónicos y en muchos casos ahorrando materiales de construcción sustituidos.

## *La generación de electricidad:*

La célula solar es el primer intento de los científicos para conseguir energía directamente del Sol. Está hecha de cristales especiales de silicio. Estas placas son similares a los transistores. El cristal tiene juntas semiconductoras del tipo P y tipo N cerca de su superficie. Al incidir la luz solar sobre dicha área, separa los electrones de los átomos. Como la junta tiende a transmitir electrones en una sola dirección, se produce una corriente eléctrica. Entonces hay dos áreas diferenciadas con campo eléctrico; una donde incide la luz solar, que es donde se encuentran los electrones (cargas negativas) y la otra es la opuesta donde están los huecos (cargas positivas). Ahora si se unen las dos áreas por medio de un conductor metálico en ambas caras se genera una diferencia de potencial y por lo tanto los electrones circulan para igualar las cargas, generando una corriente eléctrica constante mientras incida luz sobre la fotocélula, por lo tanto estamos en presencia de una conversión fotovoltaica, que es la transformación de la energía solar en eléctrica.

Cuando la luz es absorbida, liberando lagunas y electrones en la barrera de la unión P-N, el campo eléctrico resultante fuerza a las lagunas hacia P, transformando este lado en positivo y los electrones hacia N, transformándolos en negativos. El desplazamiento de nuevas cargas origina una tensión entre las extremidades del cristal. La energía luminosa se transforma así en energía eléctrica.

En condiciones óptimas, 85 m<sup>2</sup> de cristal silíceo en una célula solar, producen 100 vatios de energía eléctrica.

Las fotocélulas pueden conectarse de dos formas: En serie y en paralelo. La primera conexión acumula voltaje, es decir que suma los voltajes de cada fotocélula. En la segunda conexión, el voltaje es constante.

La conexión de varias fotocélulas o celdas fotovoltaicas forman un módulo fotovoltaico y la unión de varios módulos constituyen un panel fotovoltaico. Por lo tanto, cabe destacar que la celda solar es la unidad fundamental de los sistemas fotovoltaicos.

El rendimiento eléctrico de una celda fotovoltaica es la relación entre la energía eléctrica producida por la celda y la radiación solar incidente, generadora de esta energía eléctrica. Aunque en realidad el rendimiento va a depender de la tecnología usada y del tipo de celda.

Hay varios tipos de celdas y son las siguientes:

- Celdas de Silicio Monocristalinas.
- Celdas de Silicio Policristalinas.
- Silicio Amorfo.

Las Celdas de Silicio Monocristalinas:

Son celdas de superficie homogénea y opaca.

Tienen un rendimiento de entre el 14 al 18 %. ( Se pueden obtener mayores rendimientos con nuevos y sofisticados procesos ).

Las celdas poseen una gran estabilidad electrónica, en consecuencia el rendimiento es estable por décadas.

Poseen las mayores ventas del mercado fotovoltaico.

Es ilimitada la materia prima.

Se estudia optimizar la superficie colectora en la cara superior de la celda, es decir aumentar cantidad de luz incidente y ocultar los contactos eléctricos, minimizando los porcentajes de sombras, logrando una mejora en la resistencia eléctrica.

Las Celdas de Silicio Policristalinas:

Tienen una superficie veteada y opaca.

Su rendimiento es de entre el 10 al 15 %.

Son muy similares a las monocristalinas, pero con un rendimiento menor.

Ocupan el segundo lugar en ventas en el mercado fotovoltaico.

Celdas de Silicio Amorfo:

Con un rendimiento del 4 al 8 %.

El rendimiento es menor con el tiempo.

No son estables a largo plazo.

Son flexibles, translúcidas y homogéneas.

El generador fotovoltaico es la combinación de módulos por medio de conexiones mecánicas y eléctricas. Está compuesto por el arreglo fotovoltaico, diodos de bloqueo, diodos de desvío, fusibles, cables, terminales, dispositivo de protección, tablero de conexión y por último la estructura de módulos.

Arreglo fotovoltaico: Se llama a la combinación de módulos. Los módulos se pueden conectar en serie y/o en paralelo. Las características de un módulo standard son de aproximadamente un voltaje abierto (  $V_a$  ) de 20 Volts, una corriente nominal (  $I$  ) de 3 Ampere, una potencia pico (  $P_p$  ) de unos 50 Watts.

Diodos de bloqueo: Son usados para prevenir la circulación de corriente hacia una serie particular desde el resto del generador, evitando que baje el rendimiento del generador, pudiendo llevar a eliminar el módulo.

Diodos de desvío: Dan la dirección y el sentido de la corriente en el módulo. También protege a las celdas del sombreado parcial, el cual puede destruir a las celdas y por consiguiente al módulo.

Fusibles: Da protección a los cables por un eventual exceso de corriente.

Cables: En sistemas fotovoltaicos van doblemente aislados, ya que deben resistir altas temperaturas que se generan detrás de los módulos, además de las radiaciones ultravioletas. Es importante determinar la sección del cable, por la caída de tensión.

Terminales: Son numerosas las conexiones en un generador fotovoltaico, por lo tanto es menester incorporar medidas de seguridad, porque una mala conexión puede anular una serie o causar un incendio. Por lo tanto se deben usar conectores que faciliten la instalación eléctrica y el posible reemplazo de módulos ante cualquier percance.

Dispositivo de protección: Usados para las descargas eléctricas y sobre tensiones. La corriente de fuga debe ser interrumpida por los medios habituales, mientras que interruptores especiales deben ser colocados entre las series del generador ( CC ) y el inversor o el regulador de carga.

Tablero de conexión: Todos los componentes nombrados anteriormente se ubican en uno o más tableros. El tablero debe adecuarse al diseño del proyectista y/o instalador, además de ser fácil acceso, debe resistir altas temperaturas y una buena protección de radiaciones ultravioletas.

Estructura de módulos: Es la encargada de fijar los módulos a la construcción, además debe soportar las distintas variantes climáticas como el viento, la nieve, la lluvia, las diferentes dilataciones térmicas generadas por la variación de la temperatura, resistir las cargas mecánicas y tener una vida útil superior a los 25 años, además de tener un acceso cómodo para las tareas de mantenimiento.

Tradicionalmente los módulos producen corriente continua ( CC ), aunque en la mayoría de las veces la energía eléctrica generada es transformada a corriente alterna ( CA ). Esto se logra por medio de un conversor o inversor de corriente ( CC ? CA ), pasando de 12 V de corriente continua a 220 V de corriente alterna. Después del módulo fotovoltaico, el inversor es uno de los principales componentes de un generador fotovoltaico. El inversor convierte la corriente continua del o los módulos fotovoltaicos en corriente alterna, sincronizando con la corriente alterna de la red eléctrica. Se puede decir que el inversor de corriente es el motor del sistema, éste va acompañado de dispositivos de seguridad, los cuales sirven de interfase con la empresa de suministro de energía, bloqueando y protegiendo al sistema fotovoltaico cuando las condiciones del suministro de red son irregulares o sufren algún trastorno.

### ***El almacenamiento de electricidad:***

La energía generada por el panel fotovoltaico es almacenada en acumuladores, los cuales poseen un electrodo negativo y otro positivo, ambos sumergidos en un electrolito. Se llama batería eléctrica, cuando la sumatoria de dos o más electrodos anteriormente mencionados están conectados entre sí.

La fórmula para el cálculo de capacidad de la batería ( Cb ), es la siguiente:

$$C_b = I_d \cdot A_u \cdot F_s$$

Cb = Capacidad de batería ( Ah ).

Id = Intensidad de consumo diario ( Ah/día ).

Au = Autonomía ( aproximadamente 5 días ).

Fs = Factor de seguridad e utilización ( 1,6 con una descarga del 60 % ).

La potencia ( P ), es el producto entre la intensidad de corriente ( I ) y el voltaje ( V ).

$$P ( \text{Watts} ) = I ( \text{A} ) \cdot V ( \text{Volts} )$$

$$I ( \text{A} ) = \frac{P ( \text{Watts} )}{V ( \text{Volts} )}$$

Es importante que para el uso de baterías en aplicaciones fotovoltaicas, las mismas deben ser del tipo estacionarias, las cuales soportan descargas mayores, tienen menor mantenimiento y por ende poseen una vida útil mayor. Es menester ubicar el banco de baterías o acumuladores en un espacio adecuado, un lugar seco, libre de humedad y de fácil acceso. Estas baterías deben poder trabajar en condiciones de temperaturas extremas, soportar descargas importantes, tener un mantenimiento mínimo, una baja auto descarga y un alto rendimiento entre otras cosas.

Hay dos tipos de baterías eléctricas, que pueden emplearse para una instalación fotovoltaica. La primera es la batería ácida, las cuales son baterías recargables de plomo-ácido, con electrolito de ácido sulfúrico. El segundo tipo de acumuladores son las alcalinas. Baterías de hierro-níquel o níquel-cadmio, que tienen electrolito alcalino de hidróxido de potasio. Las baterías alcalinas son más costosas, pero también las más apropiadas para usos fotovoltaicos, sobre todo las de níquel-cadmio, porque como hemos mencionado antes resisten condiciones extremas de temperaturas, poseen baja auto descarga, soportando más descarga y además proporcionan un óptimo rendimiento. La capacidad de una batería está dada en la cantidad de electricidad que puede suministrar en forma constante y se mide en Ampere/hora. Se considera en las baterías un tiempo de descarga de 100 horas para el uso de fotovoltaicos.

### ***Dimensionamiento del sistema fotovoltaico:***

#### **A) MODULOS FOTOVOLTAICOS**

El número de módulos en paralelo se ha de calcular con la siguiente expresión:

$$PVp = \frac{Id \cdot K}{Ip \cdot T}$$

Donde:

PVp = Número de módulos fotovoltaicos en paralelo.

Id = Requerimiento de corriente diaria ( Ah/día ).

K = Constante adimensional. ( Se estima generalmente 1,2 ).

- $I_p$  = Corriente nominal suministrada por el módulo para radiación de  $1 \text{ kW/m}^2$  ( A ) y en el punto de máxima potencia.
- $T$  = Insolación que recibe diariamente el módulo expresado en horas de radiación a  $1 \text{ kW/m}^2$  ( dependerá de la localidad horas/días ).

El número de módulos en serie se ha de calcular con la siguiente expresión:

$$PV_s = \frac{VN}{VP}$$

Donde:  $PV_s$  = Número de módulos fotovoltaicos en serie (  $N^\circ$  entero )

$VN$  = Tensión nominal de funcionamiento del sistema ( 12 V )

$VP$  = Tensión nominal de funcionamiento del módulo fotovoltaico ( V )

El número total de módulos del sistema será igual a :

$$PV_t = PV_p \cdot PV_s$$

$PV_t$ : Número total de módulos a instalar.

Si como resultado de aplicar la fórmula para determinar la cantidad de módulos en paralelo resulta un número no entero, se adoptará el siguiente criterio para fijar dicha cantidad: si la parte decimal no supera el 5 % de la parte entera se adoptará un número de módulos igual a la parte entera; de superar el 5 % de la parte entera se deberá adoptar un módulo más que la parte entera.

## B) BANCO DE BATERIAS

La capacidad del banco de baterías en 100 horas de descarga, se calculará con la siguiente expresión:

$$Cb = Id \cdot Au \cdot Fs$$

Donde:  $C_b$ : Capacidad del banco de baterías en 100 horas de descarga ( Ah )

$I_d$ : Requerimiento de corriente diaria ( Ah/día ) de acuerdo al sistema.

$A_u$ : Autonomía ( 5 días )

$F_s$ : Factor de utilización del banco de baterías ( 2 )

## C) SISTEMA

Tanto la batería como el regulador de carga deberán estar protegidos contra sobrecargas mediante la incorporación de elementos de protección tanto en las líneas del generador como en la de las cargas.

## ***Ventajas y desventajas:***

Los sistemas fotovoltaicos tienen más ventajas que desventajas, pero aquí se expresarán algunas recomendaciones y apreciaciones sobre los mismos.

**Ventajas:**

No son contaminantes del ambiente. Es una energía limpia.

Se nutren de una fuente inagotable como es el Sol.

Brindan electricidad confiable y segura.

Pueden llegar a conectarse con la energía de red.

Resultan económicamente competitivos en áreas remotas y de difícil acceso, donde los equipos convencionales o la energía de red puede llegar a ser muy costosa.

Sistemas integrados a edificios, como fachadas, parasoles, etc.

Sistemas nobles.

Captan la luz directa del Sol como también la difusa, reflejada en nubes y en edificios.

No utilizan combustible.

Son de fácil traslado y son óptimos para áreas remotas.

Instalación sencilla y rápida.

El costo de mantenimiento es nulo. Es decir no requieren mantenimiento durante toda su vida útil, la cual supera los 20 años.

El desgaste es mínimo, ya que no cuentan con partes móviles.

Los sistemas fotovoltaicos son modulares y pueden llegar a incorporarse más módulos a los paneles si fuere necesario.

Resisten condiciones de vientos, precipitaciones como granizo, luz solar intensa.

**Desventajas:**

Puede haber efectos de la temperatura, ya que ésta puede influir en el rendimiento de los módulos, por eso debe ser ventilado libremente. En caso que el panel esté apoyado sobre la piel del edificio, ya sea la fachada o el techo, se deberá dejar un espacio no menor a los 10 cm.

La acumulación de suciedad en la superficie de los módulos, generalmente no es un problema, pero puede serlo si el edificio está ubicado en un área muy sucia. Por lo tanto se recomienda al menos una limpieza anual.

Se recomienda el uso de módulos con las mismas especificaciones técnicas para cada serie. Ya que puede haber incompatibilidad si se conectan en serie módulos de diferentes curvas.

Las baterías no son eternas y deben ser reemplazadas. La frecuencia dependerá de la calidad de las mismas.

En el caso que se concentren muchos paneles fotovoltaicos, puede haber contaminación visual.

Tanto la batería como el regulador de carga deberán estar protegidos contra sobrecargas.

El costo de los sistemas fotovoltaicos es alto, aunque en el futuro se reducirá substancialmente como resultado del incremento del mercado fotovoltaico y el desarrollo de la tecnología.

## ***Orientación e Inclinación del Panel Fotovoltaico:***

La correcta dirección del panel, siguiendo o bien expuesto a la trayectoria solar, dará un mayor rendimiento. Por eso en el Hemisferio Norte el panel estará orientado al Sur y en nuestro Hemisferio, lo hará orientado al Norte. En ambos casos no se deberá tener un

desvío superior a los 20°. En consecuencia la inclinación del panel es la que debe permitir lograr la mayor captación solar, dependiendo siempre de la latitud del lugar.

### ***Aplicaciones:***

Las aplicaciones de la energía fotovoltaica son muchas y muy variadas. Pueden nutrir de energía a viviendas aisladas en el campo como ranchos, pequeñas instalaciones, sistemas de comunicaciones, grandes centrales de potencia, hasta a naves espaciales y satélites.

Entre tantas aplicaciones se pueden mencionar:

- Electrificación rural.
- Electrificación suburbana y urbana.
- Electrificación de alambrados.
- Navegación.
- Bombeo para suministro de agua.
- Comunicaciones.
- Balizaje marítimo y aeronáutico.
- Señalización.
- Calor para criaderos de animales de granja.
- Agua caliente para casas y piscinas.
- Refugios de montaña.
- Iluminación.
- Protección catódica.
- Radionavegación.
- Refrigeración y calefacción.
- Satélites y naves espaciales.
- Elementos arquitectónicos integrados.
- Y muchos otros usos más.

Las aplicaciones de la energía fotovoltaica son muchas y muy variadas, pero cuando se piensa en estrategias de integración, ahí es un tema donde mayormente se aplica a edificios y viviendas.

**Teja solar:** Son módulos fotovoltaicos especiales, los cuales pueden sustituir a las tradicionales tejas, dando las mismas prestaciones que éstas, además de nutrir de energía a la construcción.

**Parasoles:** Se forman módulos fotovoltaicos especiales, para dar sombra y así lograr el control solar deseado.

**Muro cortina ventilado:** Es un elemento híbrido, porque da electricidad y aire caliente. Está compuesto de dos muros, separados por una cámara de aire ventilada, la cual puede ser forzada o tener una convección natural generando el efecto chimenea. El muro exterior posee vidrios normales o laminados con paneles fotovoltaicos opacos y semitransparentes. Mientras que la pared interior tiene doble vidriado en la zona donde se requiere visibilidad y paneles opacos termo-acústicos en las áreas donde no se requiera visibilidad. Este elemento híbrido da las siguientes mejoras:

Genera un mejor rendimiento de los módulos fotovoltaicos, gracias a la corriente de aire que permite ventilar, reduciendo las temperaturas de las células fotovoltaicas y mejorando su producción de electricidad.

Asegura un mayor rendimiento térmico, ya que el calor que la cortina retiene, es aprovechado sin que éste pase al interior del edificio. Esto genera un ahorro de energía, suministrando energía y calefacción para diferentes lugares del edificio.

Protección solar adecuada, la cámara de aire con ventilación, junto a las cortinas en la pared interior, trabaja en forma integrada modificando los factores de transmisión de luz solar.



En la foto se puede apreciar tres paneles con módulos fotovoltaicos