



**Escola Universitària Politècnica
de Vilanova i la Geltrú**

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

PROYECTO

LA ROBÒTICA I LA ENERGÍA SOLAR

COMPONENTES:

**Roger Freixa
Jordi Jiménez
Ignasi Gimeno**

CURSO:

5. K-502

FECHA DE ENTREGA:

10/12/02.

PROFESOR:

Pere Ponsa.

ÍNDICE: LA ENERGÍA SOLAR

1. Introducción
2. La radiación solar
3. Energía solar fotovoltaica
 - 3.1 Las células fotovoltaicas
 - 3.1.1 Composición.
 - 3.1.2 Tipos de células fotovoltaicas
4. Factores relevantes sobre los paneles solares.
5. Asociación de módulos

En este punto queremos mostrar los aspectos mas importantes de la energía solar fotovoltaica, así como sus principios de funcionamiento

1. Introducción

La energía solar es hoy en día una de las energías renovables con mas futuro debido a que genera recursos prácticamente ilimitados, a su bajo coste de mantenimiento y a su nulo impacto medioambiental.

La energía solar es posible captarla mediante dos métodos, el indirecto di el directo. El método indirecto consiste en la captación de la energía calorífica a través de múltiples sistemas, para su posterior uso como calefacción o su conversión a energía eléctrica.

El método directo consiste en convertir directamente la luz solar en energía eléctrica de una forma inmediata.

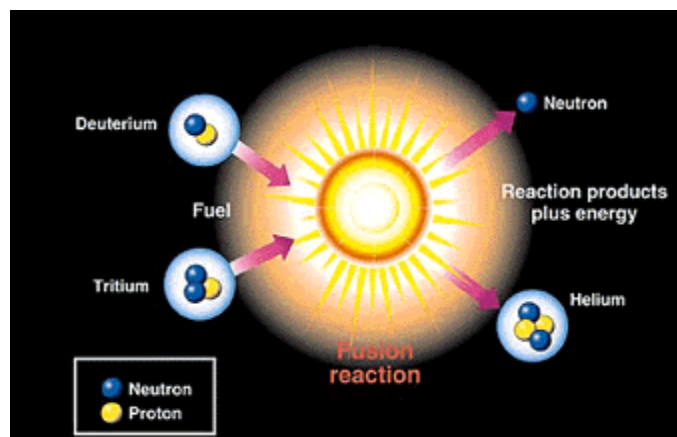
En nuestro estudio nos basaremos en el modo directo de conversión de la energía solar.

2. La radiación solar

El sol proporciona energía suficiente para mantener la vida y provocar fenómenos meteorológicos en nuestro planeta. Aproximadamente la tierra recibe suficiente energía como para abastecer las necesidades energéticas de la humanidad durante un año. En este sentido es interesante tener conocimiento de las características que proporciona la energía que proviene del sol, para, así, poderla captar y convertir en energía eléctrica.

La energía que recibimos del sol es debida a una reacción termonuclear de fusión, que proviene de la conversión de hidrógeno en helio. En la fusión hay una integración de núcleos, no de desintegración como ocurre con la fisión, es decir que estamos ante un proceso inverso de la fisión.

La reacciones se produce a altísimas temperaturas, en su interior, pero en su superficie la temperatura en de menor intensidad , las cual alcanza alrededor de 6.000 grados centígrados.



En la figura se observa el esquema de la reacción de fusión.

Esta gran cantidad de energía es irradiada, de manera uniforme en todas direcciones, en forma de luz.

En su largo recorrido hasta la tierra la densidad de energía disminuye hasta 1367 W/m² antes de atravesar la atmósfera.

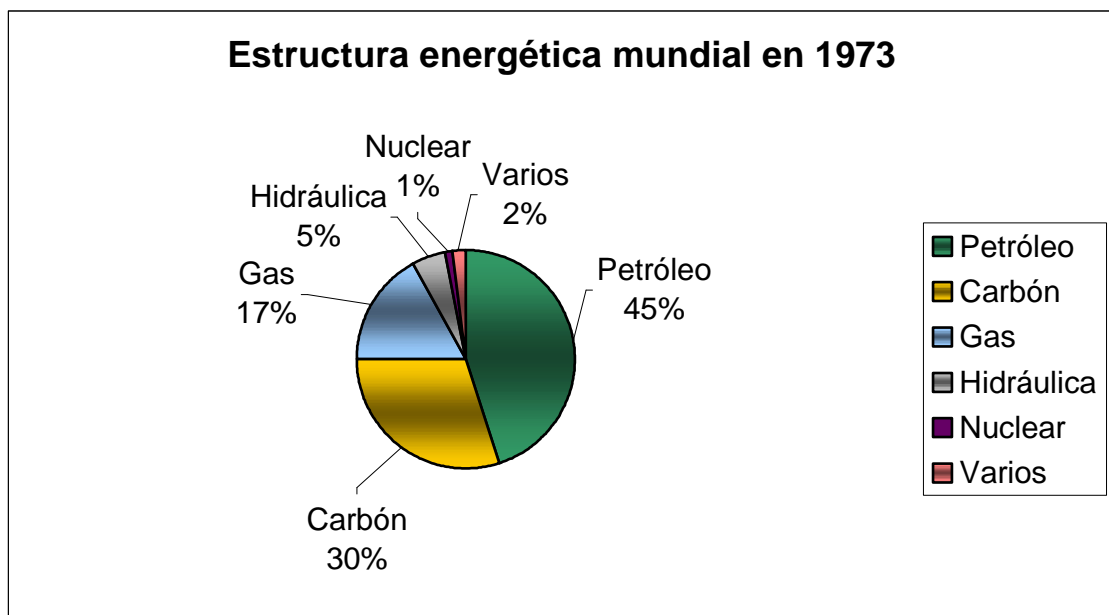
A medida que la luz solar atraviesa la atmósfera, una parte es absorbida por esta y otra es dispersada, el resto pasa inalterada hasta el nivel del suelo terrestre, donde es absorbida o reflejada por la tierra y los objetos.

3. Energía solar fotovoltaica

La conversión de la radiación solar en energía eléctrica es un fenómeno físico conocido como el efecto fotovoltaico .

El efecto fotovoltaico en células electroquímicas fue descubierto por físico francés Edmund Becquerel en 1839 cuando descubrió la existencia de un voltaje al iluminar un electrodo de una solución electrolítica. Pero no fue hasta 1954 cuando se obtuvo la primera célula capaz de convertir con eficacia la energía solar en energía eléctrica. Este dispositivo fue desarrollado por Chapin, Fuller y Pearson. Pero su altísimo coste de fabricación hizo que la energía fotovoltaica no estuviera ligada al campo espacial. La NASA en ese caso daba más importancia a la fiabilidad que al coste.

Desde comienzos del siglo XX empieza a aumentar fuertemente el uso de energía. Aunque la producción de carbón comenzó a descender después de la Primera Guerra Mundial, aumentó la de petróleo, que superó a aquella justo después de la Segunda Guerra Mundial y siguió creciendo posteriormente. Finalmente, el hombre descubrió la energía nuclear, construyéndose el primer reactor nuclear en EE.UU. en 1942. A pesar de las esperanzas puestas en esta fuente de energía, a mitad de los años 70 ésta sólo ocupaba una pequeña parte de la producción mundial. Así, en 1973, la estructura energética era aproximadamente la que se muestra en el gráfico, consumiéndose en el mundo más de 6.000 toneladas equivalentes de petróleo (tep). En ese momento comenzó la llamada "crisis energética" (ver figura siguiente).



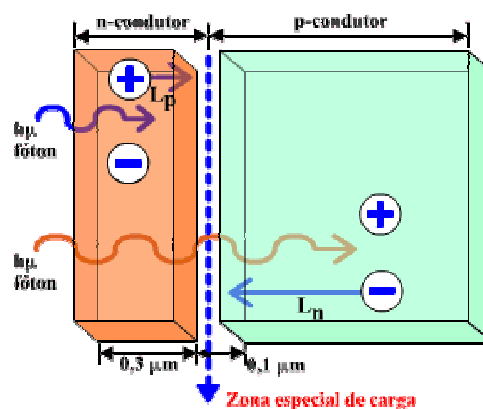
En la figura se observa la estructura energética mundial en el año 1973

Esta crisis supuso el inicio del interés por las energías renovables. Esto provocó un gran aumento de los recursos destinados a la investigación de la energía solar, y en consecuencia, de la reducción de costes de fabricación y rendimiento, haciendo posible el uso de las células fotovoltaicas en aplicaciones terrestres. Hoy en día es factible el uso de la energía solar para la creación de centrales eléctricas solares como su uso en aplicaciones de baja potencia (calculadoras, cabinas telefónicas, cargadores de baterías, etc.) gracias a que existen numerosos fabricantes de células fotovoltaicas que ofrecen paneles a precios muy competitivos. Cabe decir que el rendimiento de la energía solar es inferior al de las otras fuentes de energía actuales, como el petróleo, carbón o la energía nuclear, pero éstas son de recursos limitados y sobretodo contaminantes. En cambio la gran ventaja de la energía sola es su inexistente impacto medioambiental, su casi infinita durabilidad y la gratuidad de la materia prima para conseguir la energía: la luz solar.

3.1 Las células fotovoltaicas

Las células fotovoltaicas tienen un funcionamiento basado en el efecto fotovoltaico. Este efecto consiste esencialmente, en que cuando la luz del sol incide sobre un material semiconductor, los fotones que la componen son capaces de transmitir su energía a los electrones de valencia del material semiconductor, para que rompan el enlace que les mantiene ligados a los átomos respectivos. Por cada enlace roto queda un electrón libre para circular por dentro del semiconductor. La falta de electrón en el enlace roto crea un hueco, que también puede desplazarse libremente por el interior del sólido semiconductor, transfiriéndose de un átomo a otro debido al desplazamiento del resto de los electrones de los enlaces. Los huecos tienen un comportamiento eléctrico igual a los electrones pero con carga positiva.

El movimiento de los electrones y huecos en direcciones opuestas genera la energía eléctrica en el semiconductor capaz de circular en un circuito externo. Para separar los electrones de los huecos e impedir que restablezcan el enlace, se utiliza un campo eléctrico que hace que ambos circulen en direcciones opuestas, dando lugar a una corriente en el citado campo eléctrico. Existen pérdidas, que reducen el rendimiento de las células, debidas a la recombinación. Son provocadas por que los portadores arrancados por los fotones que se combinan de nuevo antes de cruzar el campo eléctrico.



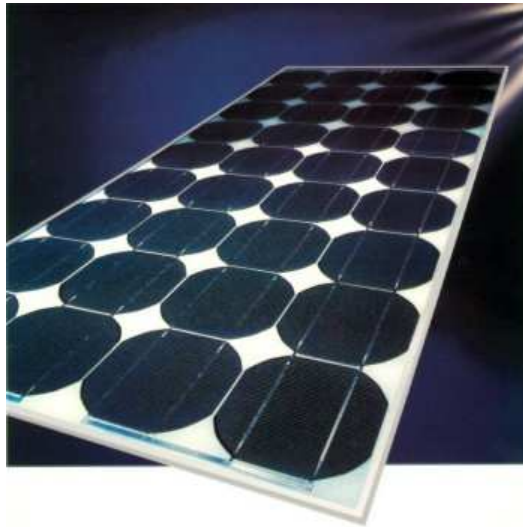
En la figura se observa un esquema resumen del efecto fotovoltaico.

3.1.1 Composición.

Las células fotovoltaicas estas compuestas principalmente por la unión de dos materiales semiconductores. Estos materiales se unen formando un cristal semiconductor, generalmente de silicio, con dos regiones de dopaje distintas, para lograr una unión p-n. Esta unión p-n se logra impurificando con boro la parte de silicio tipo p y con fósforo la parte n de éste. Esta estructura es la que posibilita que en la unión p-n se cree un campo magnético, para que se separe los electrones de los huecos creados a partir de la incidencia de la luz en la célula.

Habitualmente la cara iluminada se cubre de una capa de material antirreflectante para aumentar el porcentaje de energía solar absorbida. La estructura de la célula puede estar adaptada para un mejor rendimiento para la recepción de la luz difusa, propia de los días nublados, o para la luz directa del sol. La elección dependerá de la climatología del lugar de ubicación del panel solar.

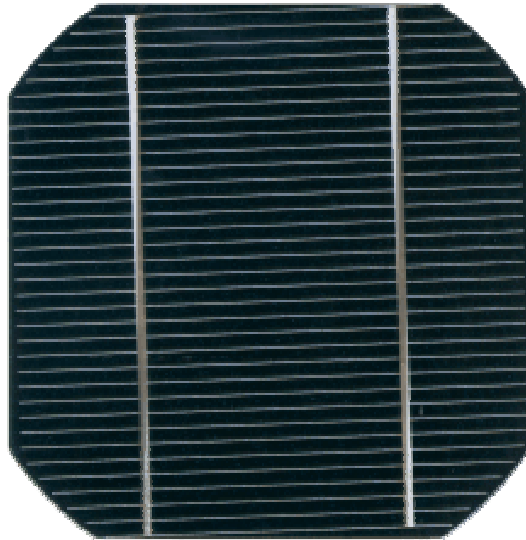
Para una muestra practica, las células solares se asocian eléctricamente en diferentes combinaciones (en serie o paralelo), para obtener los valores de corriente y voltaje necesarios para una aplicación determinada y se encapsulan entre materiales que las protegen de los efectos de la intemperie. El conjunto de células, conexiones, protecciones, soporte, etc..., constituye lo que llamamos el panel fotovoltaico.



En la figura se observa la fotografía de un panel fotovoltaico.

3.1.2 Tipos de células fotovoltaicas

La investigación de la células fotovoltaicas esta en continua evolución, en busca de la mejor relación rendimiento-precio. Ha habido numerosas propuestas de uso de materiales con muy buenos rendimientos, pero su alto coste ha hecho inviable su comercialización. En la actualidad el material mas usado es el silicio, debido a la larga experiencia que hay en el uso de éste en el ámbito fotovoltaico. La gran difusión que ha experimentado a lo largo de los años a permitido una gran reducción de costes permitiendo, una mayor popularización de esta fuente de energía.



En la figura se observa la fotografía de una célula fotovoltaica.

Dentro de las células solares de silicio, se distinguen varios tipos según su grado de cristalización. Existen células de silicio monocristalino, policristalino y amorfo. Existen a su vez casos especiales como las células de silicio de capa fina o las células flexibles diseñadas para aplicaciones determinadas.

Existen también otros tipos de materiales empleados para la construcción de células, pero que, a causa de su menor evolución no pueden competir con las actuales células de silicio. Estos materiales pueden incluso superar en prestaciones al silicio, por su alto coste impide su entrada al mercado. Por ejemplo se pueden encontrar células de Arseniuro de Galio (GaAs), Cadmio Telurio (CdTe), Sulfuro de Cadmio (CdS), etc. Es muy posible que un futuro próximo, debido a que cada vez es más importante la investigación de esta fuente de energía, evolucionen estos materiales o incluso aparezcan de nuevos que superen en rendimiento-precio a las células de silicio.

-Características más relevantes según los diferentes tipos de células fotovoltaicas.

Silicio monocristalino: células formadas por un cristal de máxima pureza de silicio, sin apenas defectos. Estas células son las más empleadas en la energía solar fotovoltaica ya que proporcionan el mayor rendimiento de W / cm^2 , llegando hasta el 16 %, posibilitando la construcción de paneles ligeros y pequeños con buena relación de potencia. Tienen como ventaja una baja degradación con el paso del tiempo.

Silicio policristalino: En esta configuración el semiconductor se encuentra en forma de gránulos de silicio monocristalino, La fabricación de este tipo de células resulta mucho más sencilla y económica, pero tienen una eficiencia eléctrica menor que la configuración anterior, debido a problemas de recombinación en los bordes de los gránulos. No obstante continuas investigaciones han conseguido aumentar su rendimiento, utilizando gránulos de gran tamaño y orientándolos de tal forma que la luz incida lo más profundamente posible en ellos.

Estas células pueden llegar a rendimientos del 10 %, y presenta una muy buena relación calidad-precio y supera a los paneles de silicio amorfo en rendimiento.

Silicio Amorfo: En esta configuración el silicio está dispuesto de forma menos ordenada que en las estructuras cristalinas. Esta célula cuenta como ventajas su bajo coste de fabricación, su mayor capacidad para absorber luz y su reducido grosor. Por el contrario, presenta como desventajas la no disponibilidad del alto rendimiento de las células cristalinas y su rápida degradación. En el mercado las células de silicio amorfo tienen un gran éxito de aceptación, ocupando el 30 % de las ventas totales de paneles fotovoltaicos. Su bajo coste, ha permitido su uso en numerosas aplicaciones como calculadoras u otros productos, en la que la eficiencia no es lo fundamental sino el bajo coste.

Silicio policristalino de película fina (thin film): Se trata de una célula diseñada en 1993 por la compañía Astropower, que con solo 20 micrones de grosor consigue rendimientos superiores al 15 %, mientras que otras configuraciones necesitan de un grosor mínimo para que los fotones incidan en el material puedan ser absorbidos.

Arseniuro de Galio (GaAs): El arseniuro de Galio dispone una estructura semejante a la del silicio pero alternando átomos de galio y arsénico. Este tipo de estructura consigue una gran absorción con solo una fina capa de material. Las células de este tipo de material tienen unas características de absorción más óptimas incluso que el silicio para absorber la energía de la radiación solar. Presenta también una fuerte resistencia a la degradación de sus características frente a las temperaturas extremas. La problemática que le impide liderar el mercado es su proceso de fabricación, aun no suficientemente desarrollado y por tanto, con unos costes muy elevados; a su vez los materiales con los que se fabrica (As, Ga) no son muy abundantes. Estas placas, pues, son empleadas, cuando los requerimientos de rendimiento están por encima de los costes, como por ejemplo en el campo aeroespacial.

Cobre Indio y Selenio (CIS): Estas células están formadas por un compuesto de Cobre, Indio y Selenio. Fueron desarrolladas por la empresa Siemens Solar en 1994. Presenta la ventaja de ser menos degradable que una placa compuesta por silicio amorfo y por tener un rendimiento mayor a ésta. Por el contrario, la utilización de indio produce unos costes elevados, al ser éste un material de coste elevado, a su vez, la placa está compuesta por materiales altamente tóxicos lo que obliga a tener grandes medidas de seguridad en las plantas de fabricación.

Cadmio y Telurio (CdTe): Este material está formado por un compuesto de los dos elementos y fue desarrollado por la firma BP Solar. Como ventaja cuenta con una degradación inferior a la del silicio amorfo y un rendimiento de 10 %. Por el contrario tiene el uso del cadmio en el proceso de fabricación, el cual es un elemento altamente contaminante.

4. Factores relevantes sobre los paneles solares.

A la hora de la elección de un panel solar hay que tener en cuenta los factores determinantes en su funcionamiento que influirán mas significativamente en su comportamiento eléctrico, como son:

-Tensión de trabajo (V): es la tensión para la que esta configurada la placa. Es la tensión que el fabricante recomienda para trabajar con el panel.

Ex: 1.5, 3, 6, 12, 24 V.

-Potencia nominal Pn (Wp): es la potencia máxima entregada por el panel. En este caso, la normativa indica que este valor es el que se alcanza para una irradiación lumínica de 100 mW / cm².

-Corriente nominal In (mA): es la corriente que entrega el panel en el punto de máxima potencia.

-Tensión nominal Tn (V): es la tensión que entrega el panel en el punto de máxima potencia.

-Corriente de cortocircuito Isc (mA): es la máxima corriente que entrega el panel con sus salidas cortocircuitadas.

-Cesión de circuito abierto Voc (V): es la tensión máxima que entrega el panel con sus salidas desconectadas.

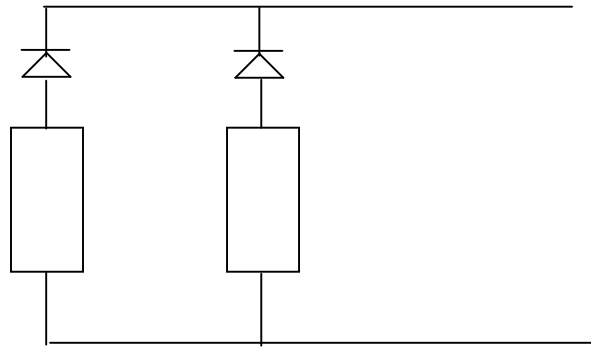
-Factor de forma o factor de curva (FF): es la corriente entre la potencia máxima obtenible y el producto de la tensión de circuito abierto y la corriente de cortocircuito. Este factor es el mas importante a la hora de determinar las características de funcionamiento del panel solar, ya que punto de trabajo obtenemos el mejor rendimiento de potencia. Idealmente se intenta obtener un factor de forma igual a la unidad.

$$FF = P_n / (I_{sc} * V_{oc})$$

5. Asociación de módulos

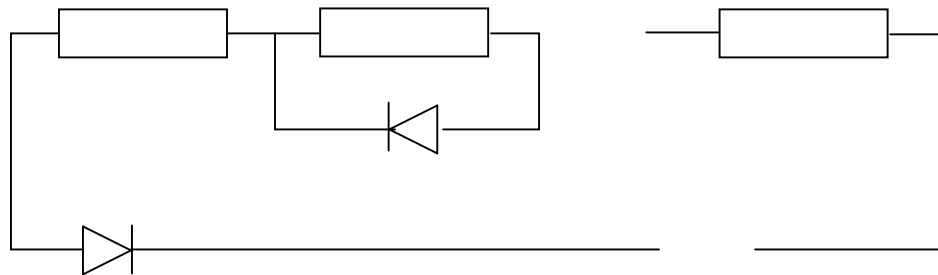
Un sistema fotovoltaico puede estar compuesto por varios módulos para poder alcanzar la potencia deseada. Los paneles se pueden asociar de dos maneras diferentes: en paralelo o en serie.

-Paralelo: la corriente generada equivale a la suma total de las corrientes de cada panel. De esta forma, se pueden obtener corrientes importantes manteniendo la tensión de trabajo de los paneles. Hay que mencionar, la necesidad de utilizar diodos que impidan que los paneles no irradiados (que se encuentran en sombra), absorban corriente de aquellos que si reciben radiación.



Disposición en paralelo de paneles solares con diodos de protección.

-Serie: Con esta configuración la tensión resultante es igual a la suma de todas las tensiones de todos los paneles. De esta manera se puede trabajar con tensiones mayores a la que proporcionan los paneles sueltos, sin tener que recurrir a convertidores de tensión. En este caso los diodos de protección se instalan en paralelo con cada módulo, para evitar que los módulos no iluminados impidan el paso de la corriente producida por los otros módulos.



Disposición en serie de paneles solares con diodos de protección.

Normalmente se utiliza una combinación de paneles en serie y en paralelo para obtener los niveles de tensión y corriente requeridos.

ANEXO APLICACIONES DE LA ENERGIA SOLAR

Desde un punto de vista histórico, el motivo de la construcción de las celdas fotovoltaicas fueron los satélites artificiales.

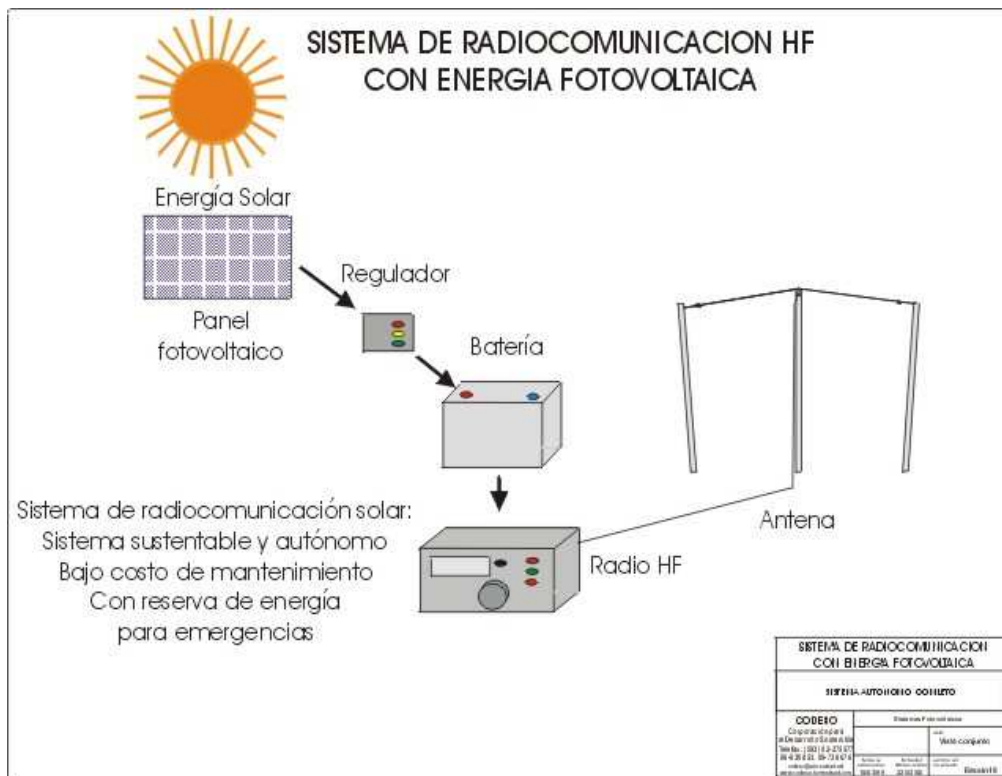
Desde los años 1972-73, se inició una tremenda carrera cuya meta era la simplificación y el abaratamiento de estas tecnologías. Dichos esfuerzos han rendido ya sus frutos y encontramos en la actualidad muchas aplicaciones fiables y rentables. Enumeramos las mas significativas.

Comunicaciones.

Los Generadores Fotovoltaicos son una excelente solución cuando hay necesidad de transmitir cualquier tipo de señal o información desde un lugar aislado, por ejemplo:

remisores

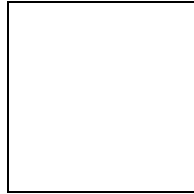
de señales de TV, plataformas de telemetría, radio enlaces, estaciones metereológicas.



En la figura se muestra un sistema de radiocomunicación solar.

Ayudas a la navegación

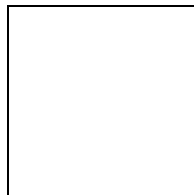
Aquí la aplicación puede ser relativa a la navegación misma o a sus señalizaciones, como alimentar eléctricamente faros, boyas, plataformas, y embarcaciones.



La figura muestra una boya alimentada eléctricamente mediante energía solar.

Transporte terrestre

Iluminación de cruces de carreteras peligrosas y túneles largos.
Alimentación de radio teléfonos de emergencia o puestos de socorro lejos de líneas eléctricas. Señalizaciones de pasos a desniveles o cambio de vías en los ferrocarriles.



En la figura se muestra un poste lumínico de una carretera.

Agricultura y ganadería

Se está teniendo una atención muy especial en estos sectores. Mediante Generadores Fotovoltaicos podemos obtener la energía eléctrica necesaria para granjas que conviene que estén aisladas de las zonas urbanas por motivos de higiene. Sin embargo, la aplicación más importante y de futuro es el bombeo de agua para riego y alimentación de ganado que naturalmente se encuentran en zonas no pobladas. Otras aplicaciones pueden ser la vigilancia forestal para la prevención de incendios.

Vehículos recreacionales

Los Sistemas Eléctricos Solares pueden suministrar la energía a las personas en rumbo constante o las que disfrutan de un fin de semana en el campo o aventuran en lugares lejanos.

Publicidad

Instalar un aviso luminoso grande o pequeño en cualquier lugar aislado o no, de forma autónoma, es decir, sin depender de suministro eléctrico y de donde lo va a conectar o

con quién va a tener que tratar para hacerlo, se soluciona gracias a un Generador Fotovoltáico.

Aplicaciones en la industria

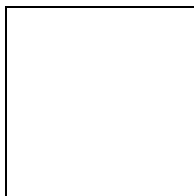
Una de las principales aplicaciones en este campo es la obtención de metales como cobre, aluminio y plata por electrólisis y la fabricación de acumuladores electroquímicos.

Difusión de la cultura

La televisión escolar y la difusión de información mediante medios audiovisuales en zonas aisladas se logra con equipos alimentados eléctricamente mediante *Generadores Fotovoltaicos*.

Electrificación rural y de viviendas aisladas.

Existen muchas zonas rurales y viviendas aisladas donde llevar energía eléctrica por medio de la red sería demasiado costoso y, por lo tanto, no cuentan con este servicio. En este caso, la instalación de un Generador Fotovoltáico es ampliamente rentable.



Zona rural proveida de un sistema fotovoltaico.

Agua caliente.

Placas solares para producción de agua caliente de uso sanitario, normalmente se instalan en conjunción con sistemas de acumulación de agua caliente para uso en horas con baja o nula radiación solar. Se dispone de soluciones modulares para viviendas, kit; o se diseñan también instalaciones adecuadas a consumidores medios como hoteles, hospitales, etc.



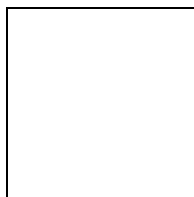
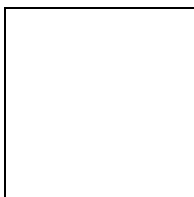
En la figura las placas anteriormente citadas.

Central solar.

La Micro-Central solar SES es un equipo compacto de alta tecnología, concebida para abastecer las necesidades de iluminación y consumos a 12 Voltios en viviendas pequeñas.

Su campo de aplicación es muy extenso, sólo hace falta un poco de imaginación para encontrarle una utilidad en cualquier sitio.

El kit básico se puede componer de 1 o varios paneles solares de 12V con una potencia mínima de 12W hasta un máximo de 200Wpico. La energía que producen los paneles es almacenada en los acumuladores de plomo-gel herméticos de 12V 13,5Ah C100 que ya lleva en su interior la Micro-Central.

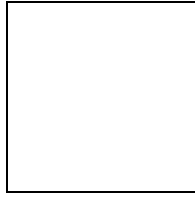
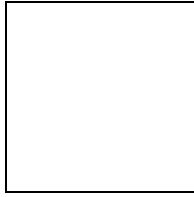


Las figuras muestran la Micro-Central solar SES: un equipo compacto concebida para abastecer las necesidades de iluminación y consumos a 12 Voltios en viviendas pequeñas.

Central solar portátil

Con sólo mirar el panel de control usted verá la carga instantánea de las placas, estado de baterías, tensión de salida a 220V y luminarias activas.

El convertidor(ondulador) permite 3 modos de funcionamiento seleccionables: ON/OFF y ESPERA.

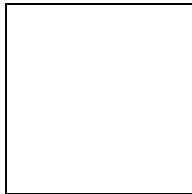


Las figuras muestran la central solar portátil.

Centrales C.C./C.A. conectables a red pública.

Diseñadas especialmente para conexión a compañía eléctrica. Si dispone a partir de 10 m² de terraza o tejado ya puede disponer de su propia central eléctrica para generar y vender electricidad.

Convertidores de alta tecnología con MPPT (máximo power point tracking) mediante DSP, adquisición de datos, programación por PC y panel de control periférico. Posibilidad de conexión en paralelo. Con potencias hasta 30Kw.



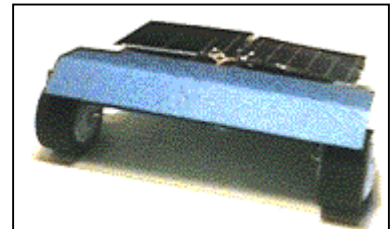
La figura muestra una central conectable a la red pública.

Robots solares (Kits)

TinySolar II

Dimensiones: 3 x 3.5 x 1.8 cm

Microrobot solar, capaz de subir pendientes de 25 °



Mad Max bot

Este kit le permitirá armar un microvehículo todo terreno de alta potencia. Posee un motor eléctrico de bajo consumo y una reducción que lo convierte en un robot solar de alta potencia.



Photant insect

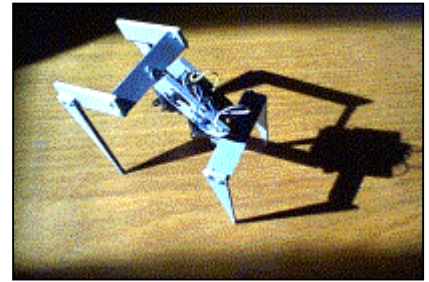
Kit avanzado para robobiólogos. Utiliza energía solar para moverse, naturalmente se desplazará dentro de una superficie con luz solar, manteniéndose dentro de ella y doblando al llegar a los bordes. Por medio de sus antenas esquiva objetos. Se moverá hasta 1 a 1,5 cm



por segundo! bajo los rayos directos del sol.

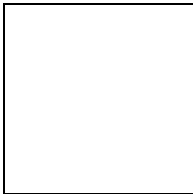
Mecha bot

Kit de robótica de bajo costo, disponible en diferentes versiones. El robot posee motoredutores de bajo consumo, convirtiendo este kit en una excelente opción para experimentar con energía solar.

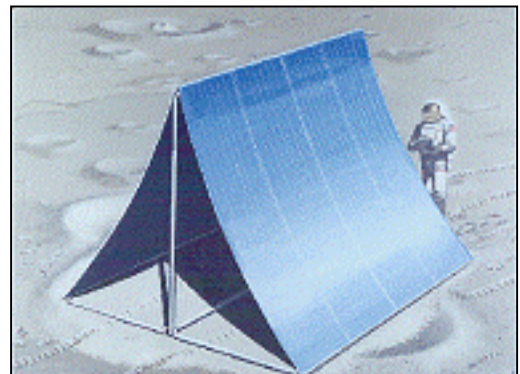


Aplicaciones aeroespaciales

La energía solar es una abundante fuente de potencia para las naves espaciales que navegan por el sistema solar interior. Pero no todas las naves espaciales permanecen cerca de la Tierra, donde la luz solar es abundante. Muchas sondas de la NASA viajan más allá de la órbita de nuestro planeta. Y conforme lo hacen, el Sol se hace cada vez más distante y tenue. Allá, en algún lugar, la potencia solar deja de ser una fuente útil de energía para la nave espacial.



A la derecha un prototipo fotovoltaico auto desplegable sobre la Luna diseñado por la Nasa, a la izquierda la Estación Espacial Internacional (International Space Station) en diciembre



BATERÍAS.

1.1 Introducción.

1.1.1 Historia de las baterías.

En 1802, el Dr. William Cruickshank diseñó la primer batería eléctrica capaz de ser producida masivamente. Cruickshank colocó placas cuadradas de cobre soldadas en sus extremos, intermezcladas con placas de zinc de igual tamaño. Estas placas se colocaban en cajas rectangulares de madera selladas con cemento. Unas canaletas en la caja sostenían las placas metálicas en su lugar. La caja se llenaba con agua salada o ácido rebajado con agua, como electrolito.

Hasta ese momento, todas las baterías eran fundamentalmente celdas primarias, lo que significa que no podían ser recargadas. En 1859, el físico francés Gaston Planté inventó la primer batería recargable. Esta batería secundaria se basaba en la química plomo - ácido, sistema usado hasta el día de hoy.

En 1899, Waldmar Jungner de Suecia inventó la batería de níquel cadmio. En 1947, Neumann logró completar el sellado de las celdas. Estos avances llevaron a la batería moderna sellada de níquel cadmio.

La investigación de los sistemas NiMH comenzó en los años 70 pero las aleaciones metal hidrido eran inestables en el ambiente de celda. Las nuevas aleaciones de hidridos se desarrollaron en los años 80 y mejoraron la estabilidad. Las baterías NiMH se vendieron comercialmente a partir de 1990.

Las primeras baterías primarias de litio aparecieron a principios de 1970. Los intentos de desarrollar baterías recargables de litio se continuaron en los años 1980 pero fallaron debido a problemas de seguridad. Debido a la estabilidad inherente de litio metálico, especialmente durante la carga, la investigación se enfocó hacia las baterías de litio no metálico usando iones de litio. A pesar de tener menor densidad de energía que las de litio metálico, las de Li-ion son seguras, siempre y cuando se cumplan ciertas precauciones al cargarlas y descargarlas. En 1991, Sony Corporation comercializó la primer batería Li-ion.

1.1.2 Utilización de las baterías.

La naturaleza de la radiación solar es variable en el tiempo, ya que está sometida al ciclo diario de los días y las noches. Además hay que contar con la

variación del estado de la atmósfera. En consecuencia son muchos los instantes en los que la potencia que puede entregar un generador fotovoltaico difiere, por exceso o por defecto de la demanda que necesita la aplicación. El abastecimiento energético de la aplicación exige poder almacenar energía cuando la producción fotovoltaica excede a la demanda para utilizarla en la situación contraria. Por este motivo se utilizan las baterías.

1.2 Baterías recargables y no recargables.

Las baterías se distinguen en dos tipos:

- no recargables.
- recargables.

Las baterías no recargables o pilas, vienen completamente cargadas de fábrica y están destinadas para ser usadas en un solo ciclo de descarga. Una vez usada no es posible cargarla por lo que se tienen que desechar.

Las baterías recargables tienen la ventaja que se pueden recargar y por tanto tienen un ciclo de uso mucho mayor que las no recargables. Estas baterías son bastante más caras que las no recargables, pero su precio se ve amortizado ampliamente por su posibilidad de reutilización.

Características de las baterías:

-Capacidad nominal de una batería: cantidad de corriente que es posible extraer de ella cuando está totalmente cargada, hasta que la tensión entre sus bornes alcanza un cierto valor final. Este valor depende de la corriente de descarga, de la temperatura, del tipo de batería, etc..

La capacidad nominal también se define como la cantidad de energía que se puede extraer de una batería.

-Régimen de carga o descarga: es la relación entre la capacidad nominal y el valor de corriente a la que se realiza una carga o descarga.

-Rendimiento farádico: es la relación entre la cantidad de corriente extraída de la descarga y la cantidad de corriente necesaria para restablecer el estado de carga inicial.

-Rendimiento energético: es la relación entre la cantidad de energía que se extrae de la descarga y la cantidad de energía necesaria para restablecer el estado de carga inicial.

El rendimiento farádico y el energético nos indican el balance de energía necesario para cargar la batería y la energía que luego proporciona en la descarga. Una buena batería es aquella que para una misma energía de descarga requiera una igual cantidad de energía para cargarla.

1.2.1 Baterías no recargables: las pilas.

Debido a sus pequeños tamaños y altas concentraciones de energía, actualmente este muy difundida la utilización de pilas en aparatos portátiles, ya que su gran ventaja es la total autonomía energética que es capaz de proporcionar. Es muy importante su uso en instrumentación y comunicaciones.

Inicialmente fueron desarrolladas para las linternas.

Las baterías primarias siempre existirán, aunque sea para hacer funcionar relojes de pulsera, aparatos portátiles de entretenimiento y linternas. Si bien las baterías primarias eran en un momento dado la única fuente de energía práctica en aplicaciones portátiles, hay un cambio hacia las recargables.

Desde que Neumann selló exitosamente la batería de NiCd en 1947, comenzó la era de la batería recargable. Los años 90 trajeron muchas mejoras en cuanto a una mayor densidad de energía y menores costos. Pero el mundo portátil aún no está satisfecho — necesitamos baterías más pequeñas que duren más.

Tipos de pilas:

-Pilas botón: las más frecuentes son las de mercurio por su pequeño tamaño y larga durabilidad. Estas pilas son consideradas muy contaminantes.

-Pilas alcalinas: es la que ofrece mayor duración y potencia pero también son las más caras. Son las que mayor difusión tienen en el mercado actual.

-Pilas salinas: son las primeras pilas que aparecieron, tienen menos duración y potencia, son las más baratas de todas las pilas y con un contenido tóxico bajo.

1.2.2 Baterías recargables.

Este tipo de baterías permite recargarlas una vez que se han agotado y así poder volver a utilizarlas de nuevo.

Para recargarlas se necesita un aparato que se llama recargador, este aparato capta la energía eléctrica de una fuente exterior (generador, **placas solares**, etc..) y la transforma a la corriente necesaria para poder recargar la batería.

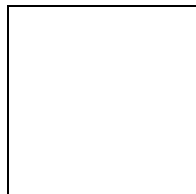
Normalmente se tarda varias horas para cargar la batería, este elevado tiempo de carga hace que sea necesario tener otro pack de recambio mientras se carga el primero.

Tipos de baterías recargables:

Existen diferentes tipos de material que se usan para almacenar energía. Frecuentemente las baterías toman el nombre del tipo de material utilizado para su construcción (Níquel-Hierro, Litio-Hierro). Otras baterías toman el nombre según el material hallado en los electrodos y del tipo de electrolito utilizado. La mayoría normalmente son baterías de ácido de plomo.

-Baterías de Níquel-Cadmio: fueron las primeras baterías recargables que aparecieron en formato estándar, por lo que son las más utilizadas. Se caracterizan por dar una tensión de 1.2 voltios, puede trabajar con importantes intensidades y almacena bastante energía. Debido a su alto grado de contaminación, en los últimos años se tiende a sustituirla por las del siguiente tipo.

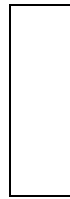
Son las más habituales. Proporcionan tensiones de 1.2 voltios. Contienen cadmio, un metal pesado que representa un peligro ecológico. Exteriormente tienen la misma forma y tamaño de las pilas. Interiormente tienen dos electrodos, el de cadmio (negativo) y el de hidróxido de níquel (positivo), separados entre sí por un electrolito de hidróxido de potasa. Llevan también un separador situado entre el electrodo positivo y la envoltura exterior y un aislante que la cierra herméticamente.



A su favor: su aspecto más positivo es el precio. Aunque te parezcan caras no tienes más que echar la cuenta de cuántas veces las recargas y cuánto te hubiera costado hacer los mismos cambios de pilas alcalinas, si bien hay que tener en cuenta que duran menos que estas últimas.

En contra: Lo peor es el llamado efecto memoria. Significa que antes de recargarlas es necesario haberlas agotado completamente ya que en caso contrario su vida se va acortando. Una solución es, cuando se vea que empiezan a perder energía, dejar el equipo encendido (por ejemplo toda la noche) hasta que se agoten completamente. Además son contaminantes.

-Baterías de Níquel-Hidruro metálico: tienen bajo coste ecológico, fueron desarrolladas para sustituir a las de níquel-cadmio. Al principio su elevado coste impidió su implantación, pero en los últimos años se ha conseguido reducirlo.



Son muy caras pero a la larga las más rentables. No tienen metales pesados como el cadmio y por eso son menos perjudiciales para el medio ambiente.

A su favor: además de ser menos contaminantes proporcionan tensiones de 1.3 voltios y tienen una capacidad mucho mayor (1.000, 1.200, 1.300 mAh, las del tipo AA o R6, y hasta 700 mAh las del tipo AAA, que son las más pequeñas), por lo tanto duran más que las de Níquel-Cadmio y dan más energía. No tienen efecto memoria, de modo que se pueden recargar aunque no se hayan agotado al completo. Las mejores llegan a soportar hasta 1.000 procesos de carga.

En contra: Son realmente muy caras, pero si se va a hacer un uso muy frecuente del equipo, por ejemplo en utilizaciones profesionales o en circunstancias en que se precisa una mayor duración, son las más indicadas y terminan por amortizarse pronto.

-Baterías de Ion-Litio: disponen de una elevada capacidad y potencia, aunque su precio ha disminuido, continúan siendo las más caras.

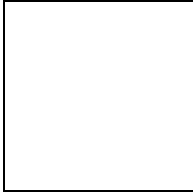
Utilizan un electrodo de óxido de níquel y otro de cobalto, intercalándose entre ellos el litio. Surgieron para paliar los problemas que causaba la reactividad del litio en los acumuladores de litio-dióxido de manganeso.

En los primeros prototipos de baterías de litio, el electrodo positivo (cátodo) era normalmente un óxido o sulfuro metálico con la capacidad de intercalar y desintercalar iones litio en los procesos de descarga y carga de la batería de un modo reversible; el electrodo negativo (ánodo) en estos primeros sistemas estaba constituido por litio metálico que debía sufrir procesos igualmente reversibles de disolución durante la descarga y deposición durante la recarga. Para llegar a ser realmente aplicables las baterías de litio han tenido que superar inconvenientes, algunos de ellos graves. El más serio obstáculo para la comercialización de baterías de litio recargables se derivó precisamente de la gran reactividad del litio metálico que podría representar problemas de seguridad; el uso del metal como ánodo se vio asociado a problemas de crecimiento dendrítico del litio durante los procesos de recarga continuados.

Este comportamiento llegó a ser causa de problemas de funcionamiento y seguridad. Afortunadamente estos problemas se resolvieron de forma totalmente satisfactoria con la introducción de dos variantes dentro de esta tecnología: las baterías de "ion-litio", y el desarrollo de electrolitos poliméricos plásticos menos reactivos que sus análogos

líquidos. En las baterías de ion-litio el ánodo no está formado por litio metálico sino por otro material mucho más seguro, como por ejemplo el grafito, capaz de intercalar (o almacenar) iones de litio en una forma menos reactiva que la del litio metálico, sin un notable detrimento de su densidad energética.

-Baterías de Plomo-Ácido: fueron las primeras que se inventaron.



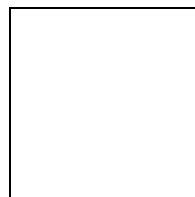
A pesar del gran esfuerzo realizado en investigación de los diferentes tipos de materiales las baterías de plomo ácido son las preferidas e insuperables por el amplio de aplicaciones que tienen. El plomo es abundante y no demasiado caro y es por esta razón por la cual es idóneo para la producción de baterías de buena calidad en grandes cantidades.

Las primeras baterías de plomo-ácido (acumuladores de plomo), fueron fabricadas a mediados del siglo XIX por Gaston Planté. Hoy en día todavía son uno de los tipos de baterías más comunes. Se descubrió que cuando el material de plomo se sumergía en una solución de ácido sulfúrico se producía un voltaje eléctrico el cual podía ser recargado.

Este tipo de baterías es único en cuanto que utiliza el plomo, material relativamente barato, tanto para la placa positiva como para la negativa.

El material activo de la placa positiva es óxido de plomo (**PbO₂**).

El de la placa negativa es plomo puro esponjoso y el electrolito está disuelto en **H₂SO₄**).



El bajo coste de los materiales de este tipo de baterías hace que sea el tipo más fabricado. **Las baterías de plomo-ácido son los acumuladores más empleados para aplicaciones fotovoltaicas**, ya que cuentan con la mejor relación capacidad precio. Sus características eléctricas son perfectas para los procesos de carga y descarga del sistema fotovoltaico.

1.2 Proceso químico de una batería.

Cuando una batería está descargada está teniendo lugar un cambio electroquímico del material activo en ambos electrodos.

El material en el electrodo negativo se oxida y se liberan electrones por lo que se convierte en más negativo (reacción canódica). Al mismo tiempo el material en el electrodo positivo se reduce y el electrodo se convierte en más positivo (reacción catodica). Los electrones viajan entre los electrodos por un circuito exterior el cual conecta el polo positivo con el negativo.

El proceso produce sulfato de plomo tanto en la placa positiva como en la negativa. El electrolito despiden oxígeno e hidrogeno en estado gaseoso los cuales salen de la batería como deshecho liberado durante las reacciones producidas. Las reacciones dentro de una batería de plomo ácido, se pueden describir utilizando las ecuaciones siguientes.

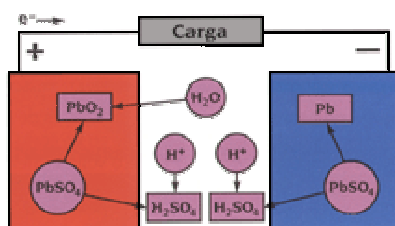
La reacción del polo positivo se muestra en la ecuación 1, la del polo negativo en la ecuación 2 y la reacción del total de la celda, en la ecuación 3:

- 1) ELECTRODO POSITIVO; $\text{PbO}_2 + 3\text{H}^+ + \text{HSO}_4^- + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{PbSO}_4$
- 2) ELECTRODO NEGATIVO; $\text{Pb} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2\text{PbSO}_4 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$
- 3) REACCIÓN COMPLETA DE LA CELDA; $\text{PbO}_2 + \text{Pb} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2\text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{energía}$

El material permanece estable hasta que los electrodos son conectados eléctricamente. Cuando son conectados, los electrones fluyen del polo positivo al negativo y se da la reacción.

El voltaje generado entre los electrodos de 2V.

La batería puede ser cargada con un voltaje exterior de 2.2-2,4V.



GLOSARIO QUÍMICO:

- **Pb** = Plomo esponjoso
- **PbO₂**=Óxido de plomo
- **H₂SO₄**=Ácido sulfúrico
- **H**=HidrógenoO=Oxígeno
- **H₂O**=Agua
- **e**=Electrones
- **PbSO₄**=Sulfato de plomo

1.2.1 Proceso de Ciclado.

El concepto de ciclado de una batería es el proceso de repetidas cargas y descargas que sufre una batería hasta perder el 20% de su capacidad inicial.

La batería a lo largo de las cargas y descargas va perdiendo capacidad nominal hasta que llega un momento que ya no puede cumplir la tarea por la que estaba diseñada. Una batería deja de ser útil cuando su capacidad nominal se reduce al 80%.

1.4 Baterías en relación con los sistemas fotovoltaicos.

En los sistemas fotovoltaicos, el ciclado de las baterías depende de la radiación solar, lo que conlleva a dos tipos de ciclado solapados:

-Ciclado diario: es el ciclado caracterizado por la radiación solar producida en un día. Durante el día se produce la carga de la batería para una descarga de esta durante la noche.

-Ciclado estacional: no depende necesariamente de las estaciones, sino de los periodos relativamente largos de nubosidad.

Las baterías o acumuladores solares tienen otras características que las baterías de arranque o de carro.

Las baterías solares tienen que ser **estacionarias**. Las estacionarias tienen por lo general placas más delgadas y entonces más superficie activa y más espacio para el electrolito. En los casos de baterías con ácido, tienen a lo mejor más ácido y aleaciones más costosas en las placas. Esto resulta en rendimientos mayores en relación a baterías de carro y además hay menos descarga interna, que permite guardar la energía en las baterías sin recarga por más tiempo.

Hay diferentes tipos de baterías:

Estacionarias con **ácido abiertas** o de mínimo mantenimiento.

Tienen la ventaja de poder ser rellenadas con agua destilada con ácido, como desventaja tienen que tener un mínimo de mantenimiento.

Estacionarias con **ácido cerradas** o libres de mantenimiento.

Tienen la ventaja de no necesitar mantenimiento, como desventaja tienen muchas veces una vida más corta que las baterías con mantenimiento, porque por su válvula escapa cierta cantidad de vapor de agua y hidrógeno.

Una vez evaporado el electrolito, la batería (o la celda) está dañada o seca.

Estacionarias con **gel** cerradas o libre mantenimiento.

Tienen la ventaja, que no necesitan mantenimiento, tampoco necesitan diferentes funciones de recarga.

Desventajoso es, que no aguanten una corriente mayor de lo especificado.

1.4.1 Baterías solares de MAC

MODELO	AMPS hora Capacidad en Ah	VOLTS Tensión nominal Vn	AMPS Imax Corriente máx. permitida Imax	VOLTS Vmax Tensión máxima Vmax	CELDAS Celdas en serie	TAMAÑO Longitud * ancho * altura
UPS 60	60 Ah	12 V	* A	14,4 V	6	234*169*200 mm
UPS 100	100 Ah	12 V	* A	14,4 V	6	342*167*193 mm
UPS 130	130 Ah	12 V	* A	14,4 V	6	507*220*211 mm
UPS 150	150 Ah	12 V	* A	14,4 V	6	507*270*217 mm

- * Se recomienda como corriente de carga nominal en A 10 a 20 % de la capacidad en Ah
- p.e. la UPS 150 cumple con las especificaciones con 15 a 30 A de corriente.

ESPECIFICACIONES

Aplicables en equipos que requieren un soporte de energía durante largos periodos de tiempo. e Componente internos construidos con aleaciones de Pb - Ca, suministrando:

- Menor resistencia al paso de la energía.
- Mayor resistencia a la sobrecarga.
- Mejor rendimiento en aceptación de carga.
- Mayor tiempo de almacenamiento.
- . * Diseño de placa radial - reforzado, facilitando la entrega de energía y reduciendo la gasificación del electrolito.
- . * Placas gruesas para almacenar gran cantidad de energía y baja corrosión a la destrucción de sus componentes
- . * Baja concentración de ácido sulfúrico, el cual protege los componentes internos de la corrosión.
- . * Separadores de sobre con alta resistencia mecánica para una mayor seguridad y prevención de fallas en el acumulador.
- . * Temperatura de trabajo y gasificación de electrolito baja, proporcionando un mantenimiento esporádico.
- . * En condiciones normales de operación su vida útil puede alcanzar los (5) años.
- . * Acumuladores sellados térmicamente

ESPECIFICACIONES TECNICAS

Placas con aleaciones Pb - Ca

Voltaje de carga de flotación :13.5 a 13.8 VDC a 26.7 0C

Voltaje de igualación :13.8 a 14.4 VDC a 26.7 C

Material del recipiente :Polipropileno

Material del separador Polietileno

Tapones herméticos con atenuador de llama en Policronato.

Borne en forma de ELE (1) con perforación

1.4.2 Sistemas sin acumuladores y sin inversor (corriente continua DC)

Componentes:

Panel solar fotovoltaico (generador)

A veces los consumidores o el sistema tiene un Booster o convertidor de tensión para el óptimo funcionamiento

Consumidores de baja tensión (12 o 48 voltios corriente continua)

Equipos que se puede conectar directamente al sistema de 12 o 48 voltios corriente continua (equipos que solamente funcionan durante el día y en función del sol)

Cargador de baterías

Ventajas de sistemas sin baterías y inversores:

Se ahorra en el costo del sistema

Los equipos funcionan más fuerte cuando hay más sol.

Desventajas:

Hay que adquirir equipos de corriente continua. Ellos muchas veces son muy especiales, porque deben funcionar no solamente con corriente continua, sino con una tensión variable según el sol.

Dependencia del sol.

1.4.3 Sistemas híbridos

Hay diferentes sistemas híbridos:

-Sistemas con acumuladores (el motorgenerador funciona cuando la energía FV almacenada se agotó)

- Sistemas sin acumuladores o directos (el motorgenerador funciona cuando la energía FV no alcanza)

Sistema FV híbrido (con acumuladores)

Componentes:

- Paneles solares fotovoltaicos (generadores solares)

- Regulador (protector de batería contra descarga profunda y sobrecarga)

- Baterías o acumuladores (reserva de energía, para consumirla por ejemplo por la noche)

- Inversor (transforma la de corriente continua a corriente alterna de 110 voltios y protege los consumidores de alteraciones de tensión del generador)
- Motorgenerador (arranca cuando las baterías estén agotadas; suministra la energía directamente a los consumidores y al mismo tiempo carga a las baterías hasta que estén llenos; y después se apaga el motorgenerador).

Sistema FV híbrido

El sistema normal FV puede brindar una cierta cantidad de energía. En caso, de que se necesita puntualmente más energía, hay que aumentar el sistema FV por ésta cantidad con su costo respectivo. Como ésta cantidad de energía pico no se consume todo el tiempo, no es muy rentable un sistema más grande.

El sistema híbrido cubre la cantidad normal de energía con el sistema fotovoltaico y solamente el pico de energía faltante será producido por el motorgenerador.

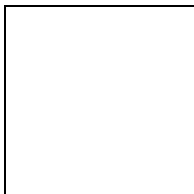
El sistema híbrido sale más económico en la instalación inicial que un sistema FV más grande, pero el motorgenerador consume combustibles y necesita mantenimiento, lo que resulta a largo plazo costoso.

El pico máximo de energía producida del sistema híbrido puede ser muy grande, porque se suma la potencia del sistema fotovoltaico más la potencia del motorgenerado.

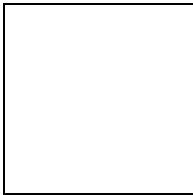
1.4.4 Energía Solar / Controladores de Carga

Dispositivos utilizados para controlar el paso de energía solar de las células fotovoltaicas a las baterías.

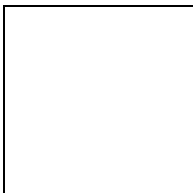
El uso de un controlador de carga es altamente recomendable. Éste desconecta las cargas cuando la batería se encuentra casi completamente descargada.



SAR. Estos reguladores son ideales para la carga de sistemas pequeños de carga de baterías. La carga de baterías se lleva a cabo a través de un voltaje constante por medio de Modulación Ancha de Pulsación (PMW) y se encuentra protegido contra polaridad inversa. Ambos controladores de carga han sido re-diseñados con una fuente de protección para manejar alrededor de un 50% de exceso de corriente proveniente de los módulos fotovoltaicos. Los reguladores de esta serie operan a 12VCD y pueden operar en 4 y 8 amps. lo que los hace más eficientes, además de contar con un LED indicador de carga.

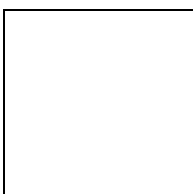


La serie de controladores de carga **PBR** esta diseñada para sistemas medianos de carga de baterías. El control de carga de las baterías esta regido por un disparo del arreglo fotovoltaico cuando las baterías se encuentran totalmente llenas. Estos reguladores son de 12VCD y se manejan en 16 y 21 amps, son de uso rudo y cuentan con una fuente de protección para manejar alrededor de un 50% de exceso de corriente proveniente de los módulos fotovoltaicos lo que los hace ser más eficientes, están provistos con un LED indicador de estado de carga del sistema. Disponible en 24VDC bajo pedido especial



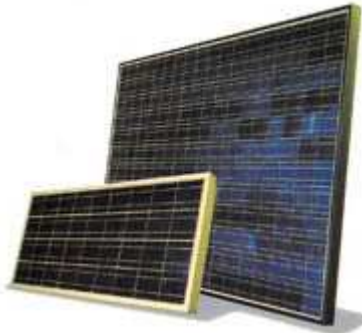
SG-4. SunGuard de Morningstar es el más avanzado, pequeño y económico controlador de carga solar del mercado.

La tecnología de este controlador provee confiabilidad excepcional, carga de baterías por Modulación Ancha de Pulsación (PWM), alta calidad constante, bajo costo. Diseño tipo serie (no por derivación o tipo shunt) 100% estado sólido, compensación de temperatura, especificado para sobrecargas de un 25%, no necesita compensaciones adicionales, consumo propio 6mA, protegido contra rayos con absorbentes de transistores de 1500 Watts, gabinete de ABS resistente a los impactos totalmente encapsulado en epoxy.



PS-30M. El controlador solar ProStar de Morningstar, es el líder mundial en controladores solares de mediano rango, ya sea para aplicaciones profesionales como para el consumidor en general, además cuenta con selección del tipo de batería: gel, sellada o con líquido, controles y medidas muy precisas, puente para eliminar el ruido de telecomunicaciones, compensación de temperatura, desconexión por bajo voltaje (LVDM), protección contra corto circuito, sobrecarga, polaridad invertida, indicador de estado de carga y fallas a través de LED, capaz de soportar sobrecargas hasta del 25%, disponible en 30 amps. Disponible en 24/48 VDC bajo pedido especial.

1.5 Problemas en el uso de Energía Solar en Robots Móviles.



Model	Potencia	Dimensiones	Peso	Precio
SX-80		Largo 146, Ancho 50.2, Espesor 5.2 cms		
SX-75		Largo 146.1, Ancho 50.2, Espesor 5 cms		
SX-60	80 watts		9.5 kgs	\$654.00
SX-50MM	75 watts	Largo 110, Ancho 50.2, Espesor 5 cms	9.5 kgs	\$613.00
SX-30MM	60 watts	Largo 93.8, Ancho 50.1, Espesor 2.26 cms	7.2 kgs	\$497.00
SX-20MM	50 watts		5.75 kgs	\$409.00
SX-10MM	30 watts	Largo 59.3, Ancho 50.1, Espesor 2.26 cms	3.86 kgs	\$348.00
	20 watts		3.86 kgs	\$269.00
	10 watts	Largo 42.1, Ancho 41.6, Espesor 2.26 cms	1.5 kgs	\$161.00
		largo 42.1, Ancho 41.6, Espesor 2.26 cms		

La potencia media consumida por un robot móvil se encuentra entre los 500 y 800 w. Como se puede comprobar en la tabla anterior un panel solar de Largo 146, Ancho 50.2, Espesor 5.2, 9.5 kgs puede producir sobre 80w ,si calculamos el tamaño necesario de el

panel solar para poder suministrar la potencia que necesitaría un robot obtenemos como resultado que son necesarios cerca de 10 paneles solares.

El robot debería transportar una placa solar de 15 m de largo, 5m de ancho y con un peso cercano a los 100kg.

Con estos datos hemos llegado a la conclusión, que no es viable la implantación directa de placas solares sobre robots móviles.

La segunda opción planteada era la utilización de baterías como acumuladores de la energía solar y que el robot móvil fuera a recargarse.

La demanda de electricidad y el tamaño de la batería de almacenamiento determinan la duración del periodo de escasez de luz solar que podrá ser cubierto, al que se denomina "periodo de autonomía": tiempo máximo durante el cual las necesidades básicas de electricidad pueden ser cubiertas, cuando no se cuenta con suministro de corriente producida por el panel solar. El periodo de autonomía es un parámetro utilizado para el dimensionamiento del sistema.

Para una batería de 12v y 100Ah, son las más habituales, si el robot móvil consume cerca de 800w por hora, serían necesarias 2 baterías para trabajar 3 horas, el tiempo de carga de las baterías oscila entre las 8 y 10 horas por las que su uso queda muy limitado por su falta de autonomía y su largo tiempo de recarga.

Carga posible en, aproximadamente, 10 horas para una batería descargada al 80%.

ÍNDICE

1.BATERÍAS.

1.1Introducción.

1.1.1Historia de las baterías.

1.1.2Utilización de las baterías.

1.2Baterías recargables y no recargables.

1.2.1Baterías no recargables: las pilas.

1.2.2Baterías recargables.

1.3Proceso químico de una batería.

1.3.1Proceso de ciclado.

1.4Baterías en relación con los sistemas fotovoltaicos.

1.4.1Baterías solares de MAC.

1.4.2Sistemas sin acumuladores y sin inversor.

1.4.3Sistemas híbridos.

1.4.4Controladores de carga.

1.5Problemas en el uso de Energia Solar en Robots Móviles.

DIMENSIONADO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO

Para el diseño de un sistema fotovoltaico se ha de tener información sobre el número de módulos necesarios, su configuración (serie-paralelo), y la capacidad de almacenamiento necesaria. El procedimiento para el diseño depende de la irradiación del lugar y del consumo de la carga asegurable. Una instalación es autónoma cuando la energía suministrada a la carga iguala la energía eléctrica producida por el generador fotovoltaico en un período de tiempo.

Dimensionado de un sistema fotovoltaico autónomo

La realización de un sistema fotovoltaico mediante paneles, acumuladores y carga permiten resolver muchas aplicaciones de pequeño y mediano tamaño de manera fiable.

La información para hacer el diseño se compone de la información de los elementos individuales del sistema como son los módulos fotovoltaicos, baterías, equipamiento electrónico de adaptación así como la información de la carga que debe soportar el sistema.

Tal como se ha dicho anteriormente los parámetros del consumo interesantes para cada una de las cargas del sistema son:

- Potencia nominal
- Tensión nominal
- Tipo de carga (DC)
- Perfil diario típico de consumo

Para estimar la energía que se debe proporcionar a todas las cargas del sistema (E_{carga}) se debe seguir la fórmula siguiente:

$$E_{carga} = \sum_i n_i w_i t_i + \sum_j n_j \eta_j w_j t_j$$

Comentarios:

- El subíndice i indica que son cargas de corriente continua y el subíndice j para cargas de corriente alterna.
- n indica el número de cargas
- W es la potencia consumida por la carga
- t es el tiempo
- η es el rendimiento de la conversión DC-AC
- E_{carga} representa la energía continua que el sistema requiere para su abastecimiento en un día típico.

En los sistemas que usan acumuladores de energía, la tensión del punto de trabajo del subsistema de los módulos fotovoltaicos, viene generalmente impuesto por la tensión nominal del sistema de acumulación por lo que es más conveniente calcular la corriente equivalente de la carga y se haría:

$$I_{\text{carga}} = E_{\text{carga}} / V_{\text{cc}} \times 24$$

Comentarios:

- I_{carga} representa la corriente continua que equivale a la energía consumida por la carga durante un día.

El balance energético entre la carga y la fuente es importante para realizar el diseño, por tanto se ha de plantear su formulación con el concepto de horas-pico-solares (HPS):

$$G(\beta) (\text{KWh} / \text{m}^2 \text{ día}) = \text{HPS} \times 1 (\text{KW} / \text{m}^2)$$

Comentarios:

- G es la irradiación de la zona en la que se encuentra el sistema
- β es el ángulo de inclinación del panel respecto al suelo
- HPS son las horas-pico-solares
- los datos de irradiación son variables tal como se ha comentado
- El ángulo de inclinación β a elegir en las tablas de irradiación (G) deberá ser aquel que tenga mejor media anual, otra opción es la de ajustar manualmente el ángulo de inclinación del panel respecto al suelo varias veces al año para orientarlos de la mejor manera dependiendo de la época del año.

Una vez visto el concepto de HPS podemos decir que el balance energético del sistema se establece escribiendo que la energía continua equivalente necesaria para la aplicación debe ser igual a la energía producida por el sistema fotovoltaico:

$$E_{\text{carga}} = \text{HPS} \times I_p \times V_{\text{cc}}$$

Esta ecuación en combinación con la de corriente de carga, se obtiene la ecuación principal de diseño:

$$I_p = (\text{FS}) \frac{24 \times I_{\text{carga}}}{\text{HPS}}$$

- El valor I_p es la corriente nominal en módulos fotovoltaicos que hay que instalar para mantener el equilibrio energético del sistema.
- El factor FS es el factor de seguridad que aporta un sobredimensionado energético en la instalación

Una vez conocida la corriente necesaria por día I_p , puede conocerse el número de paneles a utilizar, si se conoce sus características eléctricas, como por ejemplo I_{sc} que es la corriente de cortocircuito

Para conocer el número de paneles basta con seguir la relación:

$$N_p = I_p / I_{\text{sc}}$$

Comentarios:

- El redondeo para el número de paneles siempre es por exceso

Otro factor es conocer el numero de paneles necesarios en serie necesarios para obtener la tension de trabajo adecuada

$$N_s = V_{cc} / V_{max_potencia}$$

Comentarios:

- $V_{max_potencia}$ es la tensin en el punto de maxima potencia del panel. Aquí tambien podemos aplicar el redondeo por exeso
- Destacar que el efecto de la temperatura afecta a la tension del circuito abierto, por lo tanto es recomendable consultar la tension en el punto de maxima potencia a la temperatura mas elevada de funcionamiento

Los requisitos que se han de tener en cuenta para el sistema de acumulacion de energia son:

- Debe cubrir las necesidades energeticas de la carga durante la ausencia de generacion
- Debe poder almacenar el exceso de energia generada en los periodos de tiempo diarios en la que la generación es superior al consumo.
- Debe poder garantizar el balance energetico sobre una base estacional, el exceso de energia generada en los periodos de mayor generación han de compensar a los periodos con una generacion menor.
- Debe poder permitir el buen funcionamiento en periodos de tiempo bajos o nulos de generacion cuando exista averia o en situaciones climatologicas muy adversas.

Estos requisitos establecen tres tipos de ciclos de acumulacion de energia:

- Ciclo diario
- Ciclo anual
- Ciclo de emergencia.

Las baterias tienen como características mas importantes la tension (V) y su capacidad (Ah) que determina su capacidad de carga.

Según los ciclos de acumulacion pueden diferenciarse tres componentes de capacidad de acumulacion:

- Q_{da} : es el deficit de carga anual
- Q_{dd} : es el deficit de carga diario
- Q_{em} : es el deficit de carga de emergencia.

Como el deficit anual es mayor que el diario, la capacidad de acumulaci3n necesaria para el sistema de baterias sera equivalente a:

$$Q_{da} + Q_{em}$$

Las baterias, por constitucion interna, no pueden ser descargadas totalmente de forma continuada, ya que dependen del factor profundidad de descarga (PD en tanto por uno).

Por este motivo la capacidad de acumulacion real sera:

$$Q = (1 / PD)(Q_{da} + Q_{em})$$

Para obtener los valores de carga tanto generados como consumidos pueden realizarse de la siguiente forma:

El valor del deficit anual Q_{da} puede tratarse desde dos puntos de vista:

- Si se tiene un consumo determinado que cubrir mediante un sistema fotovoltaico.

- Si se tiene un sistema fotovoltaico y quiere conocerse su capacidad de acumulacion.

a) Desde el primer punto de vista puede partirse de un requerimiento de energia por dia (Wh/dia) que necesita la aplicación a una tension determinada y de un factor de seguridad FS.

Primero calculamos la corriente necesaria para la aplicación por dia:

$$I_{carga} = E_{carga} / V_{cc} \times 24$$

E_{carga} es la energia requerida por la aplicación en un dia y V_{cc} es la tension nominal del sistema.

Una vez tenemos la I_{carga} podemos calcular la I_p que es la corriente que se requiere que sea generada por el conjunto de modulos fotovoltaicos.

Teniendo en cuenta los dias de cada mes, se puede calcular la carga demandada Q_i en Ah / mes:

$$Q(\text{consumida})_i \text{ (Ah/mes)} = (E_{carga} / V_{cc}) \times d_i$$

Comentarios:

- d_i son los dias del mes

Tambien puede calcularse la carga generada cada mes por el sistema fotovoltaico mediante la siguiente formula:

$$Q(\text{generada})_i \text{ (Ah/mes)} = I_p \times d_i \times (HPS)_i$$

Comentarios:

- I_p es la corriente de cortocircuito generada en condiciones estandar
- d_i es el numero de dias del mes
- (HPS) son las horas-pico-solares diarias medias del mes

Ahora podemos realizar una tabla de carga generada y consumida para ver los meses con deficit entre consumo y generacion. Una vez hecho esto, se pueden aplicar los factores de seguridad FS en el momento de calcular I_p para reducir el deficit energetico.

b) Desde el segundo punto de vista se tendran que obtener primero las especificaciones de los modulos fotovoltaicos.

Una vez se tengan los datos de corriente de cortocircuito de los modulos y suponiendo instalacion en paralelo, la corriente I_p sera:

$$I_p = n^{\circ} \text{ modulos} \times I_{sc}$$

Posteriormente se calculara la corriente de carga diaria:

$$I_{carga} = I_p \times (<HPS> / 24)$$

Comentarios:

- $<HPS>$ es el valor medio anual de horas-pico-solares

En este caso al tener fijado el numero de modulos la I_p es fija y se calcula como carga consumida, la carga media anual generada con la formula que se ha expuesto anteriormente:

$$Q(\text{consumida})_i \text{ (Ah/mes)} = (E_{carga} / V_{cc}) \times d_i$$

Ejemplo de dimensionado facilitado por empresa CUBAENERGIA

Dimensionado o Diseño de Sistemas Solares Fotovoltaicos Autónomos

Por: Idalberto Chavez CUBAENERGIA

La energía que se produce con ayuda del Sol, en un sistema, debe estar de acuerdo con el uso que se haga de ella.

Los elementos que forman los sistemas solares fotovoltaicos autónomos constituyen la base de estos, aunque no hemos incluido los equipos consumidores de energía eléctrica del objetivo o instalación a electrificar.

Se hace evidente que se requiere realizar un proyecto de ingeniería de un sistema solar fotovoltaico (SF) teniendo en cuenta todos los elementos que constituyen el sistema en su conjunto, y efectuar los cálculos pertinentes, para lograr un balance energético entre el consumo y la generación de electricidad de origen solar, con una racionalidad dirigida hacia el logro de una autosuficiencia energética y el uso óptimo de la energía.

Se le denomina dimensionado o diseño de un sistema solar fotovoltaico a una serie de procesos de cálculo que logran optimizar el uso y la generación de la energía eléctrica de origen solar, realizando con un balance adecuado entre ellas, desde los puntos de vista técnico y económico.

El primer aspecto que debemos considerar a la hora de realizar el diseño es el consumo racional de la energía.

Para conocer cuánta energía eléctrica se requiere en el objetivo a electrificar, se deben tener en cuenta las características eléctricas de los equipos a alimentar y el tiempo de empleo por parte del usuario del sistema. Es decir, se hace necesario conocer o estimar la corriente y la tensión o voltaje de trabajo de los equipos instalados y el número de horas diarias de trabajo, teniendo en cuenta las posibles ampliaciones que en el futuro se hagan en la instalación proyectada.

Como segundo aspecto a tener en cuenta en el diseño y no de menos importancia está la disponibilidad en el sitio de instalación del recurso solar, el cual se define como:

La cantidad de radiación solar global o total que incide al día sobre los módulos solares y que se expresa en kW/m².día. [horas de Sol máximo u horas de sol pico (HSP)].

Para obtener este dato se puede medir al menos durante un año la radiación solar en el sitio de la futura instalación, pero lo más práctico y generalizado es el uso de las tablas de radiación y los mapas de radiación, que han sido desarrollados por el Instituto de Meteorología y otros organismos e instituciones como la Organización Meteorológica Mundial (OMM) con la ayuda de sus estaciones actinométricas de medición de la radiación y el uso de satélites meteorológicos.

En la práctica, se toma como valor de la radiación, el promedio de los tres meses de peor radiación solar durante el año en la estación actinométrica más cercana al lugar
*Conjunto de paneles del Sistema Solar Fotovoltaico de Santa María del Loreto.
Provincia Santiago de Cuba*

En Cuba, contamos con 60 estaciones meteorológicas distribuidas por todo el territorio

nacional, en las que se efectúan las mediciones actinométricas.

Los resultados de la medición de la radiación solar están avalados por un número considerable de años de investigación, por lo que constituyen un dato confiable a utilizar junto con los valores de consumo, y constituyen la base del cálculo del sistema.

En este aspecto se debe tener en cuenta las condiciones climatológicas y meteorológicas del lugar de instalación, ya que estas varían notablemente con la orografía del lugar. Es decir, no es lo mismo en el llano, que en las zonas montañosas de la isla, ni se comporta de igual forma el régimen de nubes y de precipitaciones en la ladera norte que en la sur de los macizos montañosos, ni en una zona costera si es norte o sur o en algún cayo del archipiélago cubano.

Se debe tener en cuenta si en el lugar existe otro recurso renovable para la producción de electricidad, que resulte más barato que la solar, como: el viento, el agua, la biomasa, etc. Esto permite discernir cuál es la opción más favorable, la puramente solar o de otro tipo una opción híbrida (solar / viento, solar / agua, etc.).

Es muy importante tener en cuenta la nubosidad del lugar durante el año, que se expresa como el porcentaje del cielo cubierto por nubes a lo largo del año e influye notablemente en el rendimiento del sistema de generación solar, así como la ocurrencia de huracanes, frentes fríos, etc.

A los días consecutivos sin Sol, en los cuales el sistema solar solo depende en su funcionamiento del banco de baterías se le denomina: autonomía.

La determinación de este valor [(número de días de autonomía (N))] es muy importante, ya que incide directamente en el tamaño del banco de baterías electroquímicas de acumulación, en la fiabilidad del sistema y en el costo de este.

Se debe tener en cuenta para que tipo de uso está diseñado el sistema solar, ya que, por ejemplo, no es lo mismo el número de días de autonomía para un sistema profesional de telecomunicaciones, que para la alimentación eléctrica de una vivienda aislada en una zona montañosa.

Existen diferentes sistemas de cálculo, desde los más sencillos hasta los más sofisticados por computadora con simulación del sistema proyectado, pero todos se basan en un algoritmo similar al siguiente:

1- Cálculo de la energía de consumo del sistema:

A) En corriente directa (CD)

B) En corriente alterna (CA)

C) Cálculo del número de amperes – hora total por día de consumo:

Total de A-h / día CD= Total de A-h/ díaCD + (Total de A-h/ díaCA) x 1,15

El factor 1,15 es para convertir el consumo de CA a CD al pasar por el inversor o convertidor de corriente continua en alterna, ya que los módulos o paneles y las baterías electroquímicas solo producen este tipo de corriente. Este factor considera una

Equipo	P (Watt)	V (Volt)	I (A)=P/V	# horas. Día	AH/día = I x # horas
Total					AH/día. DC

eficiencia de 85 % en la conversión a plena carga del equipo.

Equipo	P (Watt)	V (Volt)	I (A)=P/V	# horas. Día	AH/día = I x # horas
Total					AH/día. CA

D) El total de A-h/día calculado en C) debe ser multiplicado por un factor de seguridad de sobredimensionado, ya que este tiene en cuenta el envejecimiento de los paneles y baterías, polvo y suciedad sobre el panel y fallo en las conexiones eléctricas del cableado y otros accesorios eléctricos.

Total de A-h /día CD= Total de A-h/ día CD x 1,20 (factor de seguridad 20 %)

2- Cálculo del número de módulos o paneles en paralelo:

No. total de módulos o paneles = Total A-h/ día CD / I máx x # HSP en paralelo (NMP)

Donde :

I máx: Corriente máxima que entrega el módulo dada por el fabricante.

No. HSP: número de horas de Sol máximo promedio que incide en el lugar de instalación en el periodo de invierno (Mes de Diciembre, Enero y Febrero)

3- Cálculo del número de módulos o paneles en serie:

No. total de módulos o paneles = Voltaje nominal en serie (12,24,V)(NM.) / Voltaje nominal módulo solar (6,12,24 V)

4- El número total de módulos o paneles será de:

No.total de módulos o paneles = NMP x NMS

5- Cálculo de la capacidad del banco de baterías necesario en A-H:

Se calcula la capacidad del banco de baterías de la siguiente forma:

CA-H bat = total A-H/día x N / 0,9 x PDD

Donde:

N: Número de días de autonomía del sistema elegido.

0.9: Factor de rendimiento de las baterías en el ciclo de carga –descarga (90 %).

P.D.D: Profundidad de descarga diaria permitida al banco de baterías electroquímicas.

En general, para baterías del tipo estacionaria de plomo ácido con bajo contenido de antimonio (Sb) en la placa positiva se recomienda una profundidad de 70 % (0,7), para placa de Plomo Calcio (Ca) se recomienda una profundidad de descarga diaria de 50 % (0,5). Si se utiliza una batería de Plomo ácido del tipo de arranque automotriz se recomienda 30 % de profundidad (0,3). Para todas ellas la densidad del electrolito recomendada es de 1,2115 (+/- 15 %) g/ml en función de nuestro clima tropical.

El proceso descrito nos permite calcular cuántos módulos o paneles solares fotovoltaicos son necesarios para una instalación dada y cuál será la capacidad mínima

requerida del banco de baterías o acumuladores.

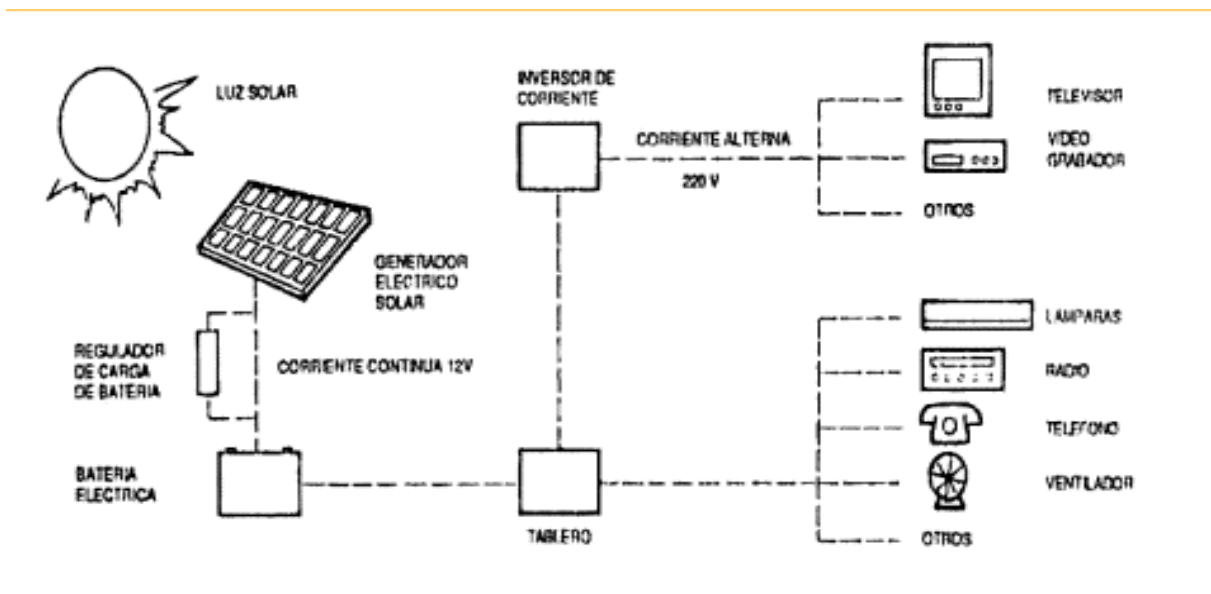
Existen diferentes métodos para el cálculo de un sistema solar fotovoltaico, pero todos se basan en hallar un balance entre la generación y el consumo.

Los módulos solares fotovoltaicos constituyen el generador de electricidad, pero las baterías electroquímicas constituyen la base del funcionamiento del sistema y a ellas le dedicaremos un próximo trabajo por la importancia que revisten.

Algunos precios de paneles sobre una empresa importante en el sector relacionado con la potencia de ellos

CODIGO	NOMBRE	PRECIO
A-110	PANEL ATERSA 110W	660,00 €
A-120	PANEL ATERSA 120W	720,00 €
A-150	PANEL ATERSA 150W	554,00 €
A-38	PANEL ATERSA 38W	232,90 €
BP-70	PANEL BP 70W	421,04 €
A-100	PANEL FOTOVOLTAICO 100W	60.000,00 €
M019	PANEL FOTOVOLTAICO 10W	15.021,00 €
M021	PANEL FOTOVOLTAICO 20W	19.827,00 €
A-10	PANEL FOTOVOLTAICO A-10W (A-10)	14.000,00 €

sistema fotovoltaico



Cálculo y Dimensionamiento de Sistemas Fotovoltaicos

Respecto del tamaño de un sistema eléctrico alimentado por energía solar, los primeros dos factores que consideramos son los niveles de la luz del sol (valores de la insolación) de su área y el consumo de energía diario de sus cargas eléctricas. La mejor orientación de un sistema de paneles solares fijos es al norte verdadero. El norte verdadero es levemente diferente que una referencia o una orientación de un compás magnética del norte. Una manera rápida de determinar el norte solar verdadero es dividir la secuencia de tiempo que transcurre entre la salida del sol y la puesta del sol por la mitad. La posición del sol en el tiempo que resulta de ese cálculo estaría en el norte solar verdadero.

La intensidad de la insolación o de la luz del sol se mide sobre horas completas equivalentes del sol. Una hora del máximo, o la radiación del sol al 100% recibida por un panel solar iguala una hora completa equivalente del sol. Aunque el sol puede estar sobre el horizonte por 14 horas al día, éste puede dar lugar solamente a cinco o seis horas del sol pleno equivalente. Hay dos razones principales. Una es la reflexión debido a un alto ángulo del sol sobre sus paneles solares. La segunda es también debido al alto ángulo y la cantidad de la atmósfera de la tierra a través de la cual la luz está pasando a través.

Debido a estos factores las horas más productivas de la luz del sol son a partir de la 9:00 de la mañana hasta las 15:00 hs. alrededor de mediodía solar (norte solar verdadero). Esto es, aparte del mediodía, a las 12:00 hs.. Antes y después la potencia de la radiación solar de estas horas también existe y produce cargas en los paneles, pero en niveles mucho más bajos. Cuando clasificamos los paneles solares para un sistema de energía solar, tomamos estas figuras completas equivalentes a las horas del sol por día y hacemos un promedio de ellas concluido un período dado.

En cuanto a los inversores, éstos se clasifican de acuerdo a la cantidad de Watts continuos que pueden producir, y también de acuerdo a cuantos Watts "pico" puede soportar. Los watts continuos son los watts totales que el inversor puede utilizar indefinidamente. Un inversor de 4000 watts puede producir hasta 4000 watts continuamente. Los watts "pico" son hasta cuánto puede utilizar la potencia el inversor por un período muy abreviado, generalmente momentáneo. Un inversor de 4000 watts clasificado en 7000 watts "pico" puede manejar hasta 7000 watts momentáneamente mientras que comienza las cargas tales el arranque del motor de una heladera o de un lavarropas, que requieren generalmente más que la potencia normal nominal del inversor.

Paso nro. 1:

Confeccionar tabla de detalle de los artefactos, consumos de los mismos en Watts y horas al día de uso.

Paso nro. 2:

Cálculo de la capacidad del banco de baterías

A la cantidad de Watts/hora/día se la debe dividir por la tensión elegida para trabajar con el sistema fotovoltaico (normalmente 12 Volts CC). La cantidad resultante debe multiplicarse por 3 días de autonomía (simplificándose los días) y por una variable de

valor 1,66, que compensa todas las pérdidas ocasionadas por envejecimiento de los acumuladores. O sea

$$[(\text{Consumo total en Watts-hora-día} / \text{Tensión en Volts}) \times 3 \text{ días} \times 1,66] = \text{Cantidad de Amperes}$$

hora

La cantidad total de Ah debe dividirse por el amperaje de las baterías a utilizar, para averiguar la cantidad necesaria de éstas.

Paso nro. 3

Para el determinación del tipo y cantidad de paneles a utilizar para mantener cargado el banco de baterías calculado en el paso anterior, usamos la tabla de referencia entre zonas geográficas y rendimiento de los paneles en Amper/hora/día en relación con los Watts que producen.

Generacion en Ah/D (para cargas de 12 VCC)

Panel solar de

Panel solar de	Generacion en Ah/D (para cargas de 12 VCC)						
	A	B	C	D	E	F	G
5 watt	0.86	1.12	1.37	1.46	1.55	1.60	2.06
10 watt	1.72	2.24	2.74	2.92	3.10	3.20	4.13
20 watt	3.44	4.48	5.48	5.84	6.20	6.40	8.26
30 watt	5.16	6.72	8.22	8.76	9.30	9.60	12.39
40 watt	6.88	8.96	10.96	11.68	12.40	12.80	16.52
50 watt	8.60	11.20	13.70	14.60	15.50	16.00	20.65
60 watt	10.32	13.44	16.44	17.52	18.60	19.20	24.78
70 watt	12.04	15.68	19.18	20.44	21.70	22.40	28.91
75 watt	12.90	16.80	20.55	21.90	23.25	24.00	33.04
80 watt	13.76	17.92	21.92	23.36	24.80	25.60	37.17
90 watt	15.48	20.16	24.66	26.28	27.90	28.80	41.30
100 watt	17.20	22.40	27.40	29.20	31.00	32.00	45.43
110 watt	18.92	24.64	30.14	32.12	34.10	35.20	49.56

INDICE

3.1 –DIMENSIONADO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO
AUTONOMO

3.2 - EJEMPLO DE APLICACIÓN DE FORMULACIÓN POR
EMPRESA DEL SECTOR

3.2.1 PRECIOS SEGÚN RELACION DE POTENCIA

3.3- CALCULO SEGÚN INCIDENCIA DE RADIACION SOLAR

3.4- ESQUEMA DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO EN
APLICACIONES DOMOTICAS