

Energía Solar Fotovoltaica_Componentes

1 INTRODUCCION

El siglo XXI nace con una premisa para el desarrollo sostenible medio-ambiental. El creciente desarrollo industrial y de consumo trae como consecuencia un deterioro del medio ambiente a través de las emisiones de CO₂ y otros gases que además de destruir la capa de Ozono afectan la salud del hombre.

La protección del medio ambiente es compromiso de todos, gobiernos, personas e industrias. Hoy día vemos un gran crecimiento, tanto en la producción de paneles solares cada vez más económicos como en la implementación de grandes plantas solares conectadas a la red eléctrica.

En el mundo existen unos tres mil millones de personas que no tienen acceso a la red de distribución eléctrica. Mientras que en Europa o en otras regiones desarrolladas esta situación se da especialmente en lugares isleños o de difícil acceso, en los países del Tercer Mundo existen grandes áreas rurales sin electrificar. En esos lugares sería posible crear instalaciones fotovoltaicas que, aun sin conexión con otras redes eléctricas, estuviesen conectadas entre sí formando pequeñas redes de distribución



Existen fundamentalmente dos tipos de aplicaciones de la energía solar fotovoltaica:

Sistemas aislados de energía solar fotovoltaica, gracias a esta tecnología podemos disponer de electricidad en lugares alejados de la red de distribución eléctrica. De esta manera, podemos suministrar electricidad a casas de campo, refugios de montaña, bombes de agua, instalaciones ganaderas, sistemas de iluminación o balizamiento, sistemas de comunicaciones, etc.

Los sistemas aislados se componen principalmente de captación de energía solar mediante paneles solares fotovoltaicos y almacenamiento de la energía eléctrica generada por los paneles en baterías.

Sistemas fotovoltaicos conectados a red, esta aplicación consiste en generar electricidad mediante paneles solares fotovoltaicos e inyectarla directamente a la red de distribución eléctrica. Actualmente, en países como España, Alemania o Japón, las compañías de distribución eléctrica están obligadas por ley a comprar la energía inyectada a su red por estas centrales fotovoltaicas.

Este tipo de centrales fotovoltaicas pueden ir desde pequeñas instalaciones de 1 a 5 kwp en nuestra terraza o tejado, a instalaciones de hasta 100 kwp sobre cubiertas de naves industriales o en suelo, e incluso plantas de varios megawattios.



Las instalaciones fotovoltaicas autónomas o aisladas son instalaciones no conectadas a la red general de distribución eléctrica. Su tamaño, por lo general, es menor que el de las instalaciones conectadas a red, y la potencia instalada no suele superar unos pocos kilovatios.

La reducción de los costes de los paneles y de las baterías ha constituido un gran avance en las instalaciones fotovoltaicas aisladas, proyectándose como una alternativa prioritaria con respecto a la conexión a la red eléctrica. La energía generada durante las horas de sol será almacenada en baterías o acumuladores, desde donde será tomada para su consumo.

Existen aplicaciones muy diversas para esta clase de sistemas:

- El consumo eléctrico de viviendas o edificios, especialmente en zonas rurales.
- El alumbrado público.
- El consumo de instalaciones agropecuarias alejadas de la red de distribución eléctrica.
- La electrificación en zonas del Tercer Mundo en las que la red eléctrica se halla aún poco desarrollada.
- El bombeo y tratamiento de aguas.
- La señalización en calles y carreteras, o las aplicaciones de medición, cámaras, o las aplicaciones de medición, cámaras de vídeo, etcétera.

Esta clase de instalaciones suele desarrollarse en lugares en los que es difícil o costoso llevar la red de distribución al emplazamiento. Existen muchas aplicaciones en las que la instalación de un sistema aislado tiene un coste inferior (en ocasiones muy inferior) a la conexión a la red general. Si además tenemos en cuenta el ahorro de la factura eléctrica

durante toda la vida útil de la instalación fotovoltaica, esta resulta ser la opción más racional económicamente para muchos lugares y aplicaciones.

Es sistema suele dimensionar con una potencia instalada y una capacidad de acumulación suficientes para garantizar un suministro fiable como mínimo durante tres días sin sol.

En todo caso, para garantizar el suministro, a veces se instala un grupo electrógeno de gasolina o diésel para los momentos puntuales en los que los acumuladores se queden sin energía. En ocasiones, también se complementan con un pequeño aerogenerador para aprovechar la energía del viento y producir electricidad conjuntamente con los paneles fotovoltaicos.



1.1 Instalaciones aisladas de la red

Son aquellas destinadas a la obtención de energía eléctrica para cualquier aplicación, que no tenga ningún punto de conexión a la red pública de distribución como se ve en la siguiente figura.

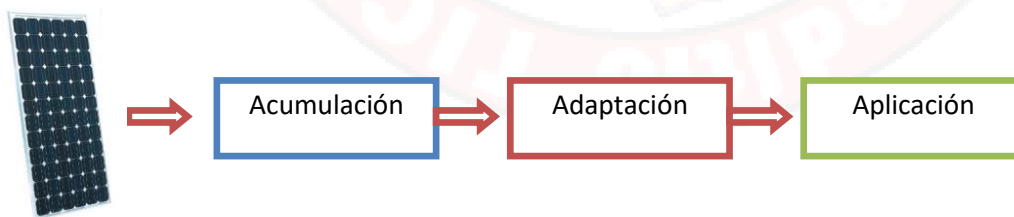


Figura Diagrama de bloques de una instalación aislada.

1.2 Instalaciones con conexión a la red

Corresponden a las que están conectadas a la red pública (ver figura) de distribución para dos finalidades.

- Venta de la totalidad de la energía eléctrica generada.
- Venta de la energía eléctrica sobrante con respecto a la necesitada en el lugar de generación

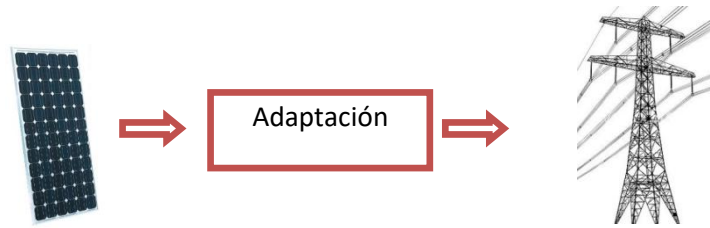


Figura Diagrama de bloques de una instalación con conexión a la red.

1.3 Instalaciones híbridas

Son instalaciones que incorporan diferentes fuentes generadoras de electricidad para la misma aplicación. La finalidad es obtener el máximo aprovechamiento de los recursos energéticos de cada fuente generadora en todo momento, son dos las fuentes adicionales que pueden complementar a los sistemas fotovoltaicos.

- Aerogeneradores. Cuya energía se suma a la de los paneles fotovoltaicos en presencia de vientos durante el día y en la noche es el principal suministrador cuando los paneles cesan su actividad.
- Generadores. Basados en un motor de combustión, los cuales entran en funcionamiento automáticamente cuando la energía disponible del sistema fotovoltaico es inferior a la de la demanda.

El esquema de una instalación híbrida se muestra en la figura



Figura Diagrama de una instalación aislada híbrida.

1.4 Elementos de una instalación fotovoltaica

La energía eléctrica proporcionada por los paneles solares puede tener forma y nivel diferente del requerido por los dispositivos destinatarios, lo que requiere la incorporación de equipos complementarios o adicionales para tal finalidad. El principal equipo adicional que generalmente se encuentra en todas las instalaciones, es el regulador de carga, dispositivo electrónico que está destinado para controlar la carga de corriente de las baterías en correspondencia con la energía recibida por los paneles solares y del consumo interno producido.

La fuente energética de los dispositivos a alimentar es la batería, en la que se acumula la energía recibida de los paneles fotovoltaicos. Si los dispositivos a alimentar requieren corriente alterna, es preciso intercalar entre la batería y éstos un inversor DC/AC (corriente continua/corriente alterna), con lo que la instalación del tipo aislado queda configurada conforme se muestra en la siguiente figura

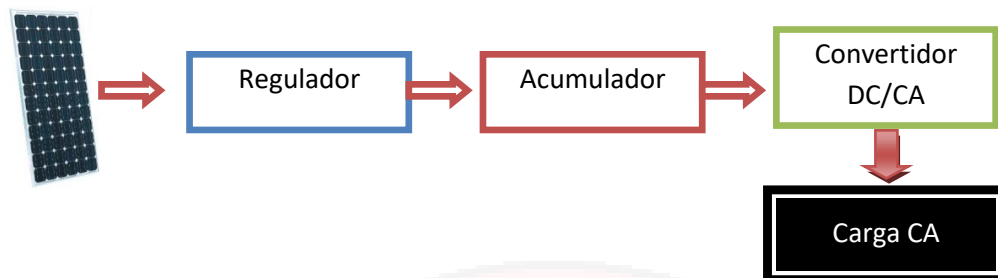


Figura Diagrama de bloques de una instalación aislada con salida de corriente alterna.

Sin embargo, si la instalación es del tipo con conexión a red incorporan el denominado inversor de red, que es el equipo que la adecua a las condiciones requeridas para su inyección en las redes de distribución, tal como se muestra en la figura

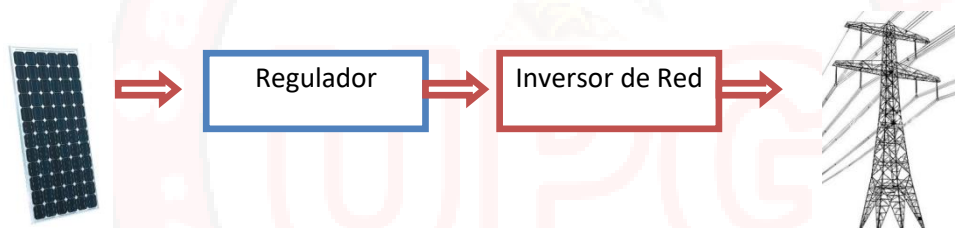


Figura Diagrama de bloques de una instalación con conexión a la red, con controlador e inversor.

2 Controladores de carga

La conexión directa de los paneles fotovoltaicos a las baterías, y éstas a su vez unidas de modo directo con los dispositivos a alimentar, podría dar lugar a ciclos de sobrecarga y descarga diferentes a los requeridos por razones que llevarían a un deterioro prematuro tanto de la batería como del panel.

La sobrecarga de las baterías puede ser provocada por la disminución o anulación del consumo, lo que supone el aumento de la tensión proporcionada por los paneles solares.

El controlador de carga dispuesto entre el sistema generador y el de acumulación, del que se toma la energía eléctrica para el consumo, permite mantener los dos ciclos en correspondencia con las características de carga/descarga de las baterías utilizadas y, para ello, recurre a dos posibles sistemas de operación: la aplicación automática de un algoritmo de carga/descarga adecuado a las baterías conectadas al regulador o bien mediante programación previa en el equipo de los parámetros de carga/descarga, datos que proporcionan los fabricantes de baterías.

El primer sistema requiere la introducción de un micro controlador en la unidad de control del equipo regulador para generar el algoritmo indicado de carga/descarga en correspondencia con las baterías utilizadas.

Con respecto a los controladores programables, éstos permiten la introducción de los parámetros específicos de carga/descarga de las baterías utilizadas, alejándose con ello del algoritmo por defecto de los primeros, cuya exactitud solo es en aproximación.

La conexión del regulador de carga en las instalaciones fotovoltaicas, adopta la configuración que muestra la figura.

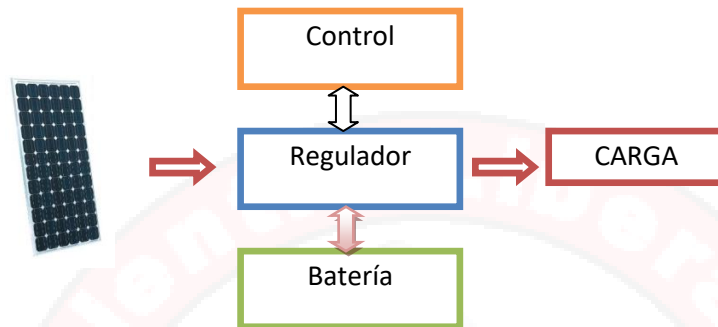


Figura Conexión del controlador entre el panel y la carga.

Como se puede observar, la energía a suministrar al consumo procede directamente de la batería, la cual carga el regulador con su régimen necesario.

Existe una amplia variedad de controladores de carga, desde los sencillos y económicos a los complejos con múltiples funciones. Sus funciones más notables son las siguientes:

- **Estado de la batería.** Indicación de la tensión de la batería y su estado, tal como la carga, situación de flotación, etc.
- **Corriente.** Indicación del valor de corriente generada por los paneles, la del consumo, la resultante entre generación y consumo, etc.
- **Alarmas.** Es referido a las funciones automáticas que pueden incorporar los reguladores de carga, con conexiones de salida para dispositivos externos

Las alarmas pueden activarse ante tensión alta o baja de la batería conectada al equipo, ante exceso de temperatura, ante el exceso de la energía de entrada procedente del generador, etc.

Los controladores se definen por especificaciones principales como son:

Tabla Especificaciones de los controladores.

PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN
Tensión nominal (V)	Representa el valor de tensión de entrada al regulador.

PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN
Corriente máxima de generación (I_{max})	Indicación de la corriente máxima que puede proporcionar el generador conectado al regulador.
Corriente máxima (I_{max})	Indicación de la corriente máxima que puede proporcionar el equipo a la carga o consumo.
Corte alto (U_{max})	Indicación del estado de corte de la carga de la batería cuando ésta alcanza una determinada tensión máxima.
Corte de flotación (U_{flot})	Parámetro que indica el nivel de tensión al que se produce en el regulador la conmutación al modo flotante.
Rearme alto (U)	Indicación del nivel de tensión al que se produce en el regulador rearme.
Rearme de flotación (U_{flot})	Indicación del nivel de tensión al que se produce al rearme del regulador al modo flotación.
Corte bajo (U_{min})	Indicación del estado de corte de la carga de la batería cuando la tensión en sus bornes alcanza un mínimo especificado.

A pesar de que el regulador de carga puede suponer sólo un 5% del coste total del sistema, su funcionamiento tiene una gran influencia en la vida útil de la batería y por tanto en el coste final del sistema (de un 20 a un 40% en función del coste de sustitución del sistema de baterías).

El regulador de carga permite aprovechar al máximo la energía suministrada por el generador FV, a la vez que garantizar la protección adecuada y buen servicio de las baterías. En caso de sobrecarga pone el generador FV en circuito abierto evitando el paso de corriente del generador hacia la batería. En caso de sobredescarga puede cortar el suministro a los consumos o bien avisar mediante una alarma indicando que la tensión de batería es inferior a los niveles mínimos de seguridad. Una sobrecarga de las baterías provoca procesos de gasificación (hidrólisis del agua en hidrógeno y oxígeno) que pueden disminuir considerablemente la vida de la batería. Una sobredescarga afecta a la futura aceptación de carga de la batería.



En términos generales, las características eléctricas que definen un regulador son la tensión nominal y la intensidad máxima de trabajo. La instalación del regulador se ha de realizar en un lugar fácilmente accesible de modo que resulte cómoda la utilización de los elementos que habitualmente dispone para control del estado de la instalación (visualizadores e indicadores).

Un regulador en un sistema FV ha de ser configurado específicamente en función del tipo de batería, aplicación y condiciones climáticas.

Algunos reguladores también proporcionan información al usuario sobre la operación del sistema y el estado de la batería. En la mayor parte de los casos el regulador sirve como centro de información del estado del sistema y punto de conexión del cableado de varios componentes en el sistema.



Los interruptores de los reguladores pueden ser dispositivos de estado sólido o relés electromecánicos. Aunque en los reguladores más simples se utilizan relés electromecánicos, en la mayoría de los casos se utilizan MOSFET's o transistores de potencia que necesitan menor potencia de activación, son más pequeños y pueden operar un número mayor de ciclos.

En algunos tipos de baterías, particularmente las de plomo-ácido, se recomiendan cargas periódicas de ecualización para mantenimiento óptimo de la batería. En la mayoría de los casos se requiere la intervención del usuario que puentea el regulador durante la carga de ecualización. Algunos reguladores permiten la automatización de este proceso con una frecuencia programada. Se recomienda realizar esta operación una vez cada dos o tres semanas.

El regulador se selecciona en función de la tensión del sistema y de la corriente de cortocircuito, I_{sc} , del generador FV (en condiciones estándar de medida), aplicándole un factor de seguridad (normalmente 1,3) debido a que en determinadas ocasiones (días con nubes) la irradiancia puede alcanzar los 1.300 W/m^2 .

Las principales funciones de los reguladores son:

- Prevenir la sobrecarga de la batería. Limitar la energía suministrada a la batería por el generador.
- FV cuando la batería está plenamente cargada.
- Prevenir la sobredescarga de la batería. Desconectar los consumos de la batería cuando el estado de carga de la batería es muy bajo.
- Proporcionar funciones de control del consumo. Conectar y desconectar automáticamente los consumos en un momento determinado (p.e. conectar una lámpara desde la puesta hasta la salida del Sol). Establecer un control de consumos prioritarios.



- Proporcionar información del estado del sistema a los usuarios u operarios, mostrando o indicando información como el voltaje y corriente de la batería, estado de carga, alarmas, etc...
- Servir como mecanismo de control para la conexión de otros generadores auxiliares de energía.
- Servir como centro de cableado proporcionando un punto de conexión para otros componentes en el sistema, incluyendo el generador FV, la batería y las cargas o consumos.

Una de las funciones principales del regulador de carga es el suministro de corriente, producida por el generador fotovoltaico, de modo que la batería se recargue completamente, pero sin sobrecarga. Sin un regulador de carga en el sistema que



prevenga la sobrecarga la corriente de carga, proporcional a la irradiancia, entraría en la batería independientemente de si ésta está cargada o no. Si una batería está completamente cargada, el continuar inyectando corriente origina un fuerte gaseo, pérdida de electrolito, calentamiento interno y corrosión acelerada de las rejillas, todo ello limita considerablemente la vida útil de la batería. Los reguladores de carga previenen la

sobrecarga mediante limitación, interrupción completa, o pulsación de la corriente del generador fotovoltaico en función de unos determinados niveles de tensión de batería, relacionados con su estado de carga.

La otra función principal del regulador de carga es evitar que la batería se descargue completamente. Durante periodos prolongados de muy baja radiación o de uso excesivo del consumo, la energía producida por el generador fotovoltaico puede no ser suficiente para recargar la batería. Cuando una batería de plomo-ácido se descarga excesivamente repetidamente se producen daños irreversibles que conducen a una pérdida de capacidad y vida útil. Para evitar la sobredescarga, el regulador desconecta el consumo cuando la tensión de batería desciende por debajo de unos determinados niveles de tensión. Previamente a la desconexión del consumo, el regulador avisa al usuario mediante la emisión de una serie de alarmas.

De este modo el regulador de carga, a pesar de su sencillez y su bajo coste comparado con el coste total del sistema, es el elemento que está más íntimamente relacionado con la vida útil de la batería y el buen funcionamiento del sistema.

2.1 Modos de regulación de carga

En el proceso de regulación de carga se pueden dar cuatro situaciones, cuya descripción es la siguiente:

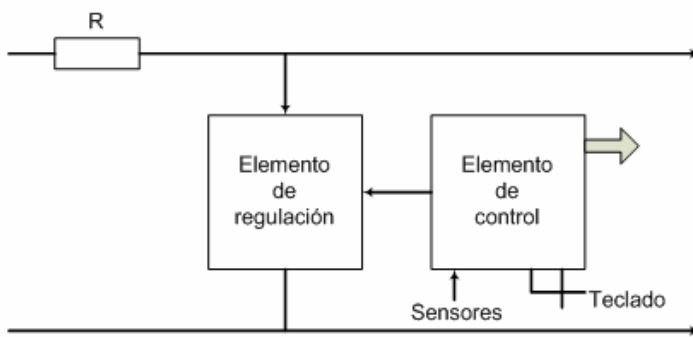
- **Carga total.** Recarga completa de las baterías en las primeras horas de la luz solar.
- **Regulación.** Periodo de regulación, generalmente en el modo PWM (Impulso de anchura variable en función de la carga requerida), para restaurar la capacidad de las baterías como consecuencia del consumo producido.

- **Flotación.** Cuando las baterías están completamente recargadas, el regulador pasa al modo flotante, estado en el que se mantiene mientras que no se produzcan cambios significativos en el consumo.
- **Ecuilización.** Proceso de optimización de la carga de las baterías del tipo de electrolito líquido con una tensión suficientemente alta para que se produzca gas y remover así el sulfato de plomo de las placas y agitar el electrolito, el cual tiende a estratificarse en las operaciones normales

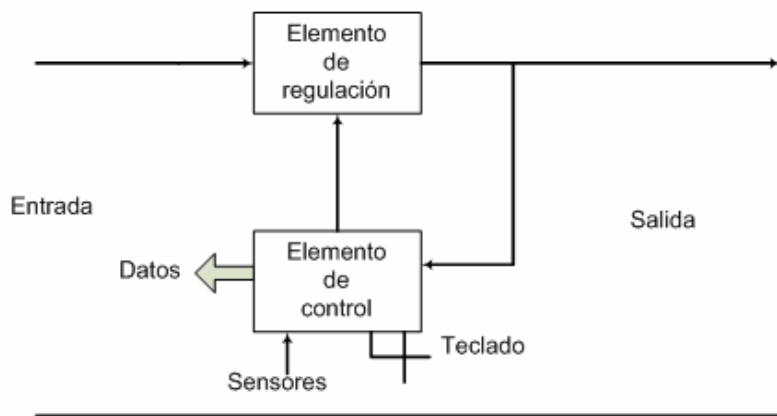
Configuraciones para la regulación de carga

- Paralelo
- Serie

El modo paralelo, o shunt, está basado en acoplar a la línea de tensión procedente del generador una carga de absorción de la energía excedente, y el serie en intercalar una carga de absorción para la misma finalidad.



a) Regulación de carga en paralelo



b) Regulación de carga en serie

Figura . Configuración para la regulación de carga

De un modo sencillo, un regulador se puede entender como un interruptor colocado en serie entre paneles y baterías, que está cerrado y conectado para el proceso de carga de las baterías, y abierto cuando las baterías están totalmente cargadas.

Asimismo, en la actualidad la mayoría de los reguladores de carga disponen de una función que permite maximizar la energía capturada por el generador fotovoltaico mediante el uso de una tecnología específica de seguimiento y búsqueda del punto de