



Reflexión

# interdisciplinaria

---

# SISTEMAS HÍBRIDOS: UNA ESTRATEGIA PARA MEJORAR LA EFICIENCIA EN LOS PANELES SOLARES

HYBRID SYSTEMS: A STRATEGY TO IMPROVE  
THE EFFICIENCY OF SOLAR PANELS

Recibido: 13 de marzo del 2011

Aprobado: 10 de mayo del 2011

CARLOS ARTURO ROBLES ALGARÍN\*

---

## Resumen

En la actualidad se necesita contar con dos instalaciones diferentes para la implementación de sistemas de energía solar fotovoltaica y térmica, en términos de mayores requerimientos económicos y espaciales. En países como España, en entidades como la Universidad de Zaragoza en su programa de Máster en Energías Renovables y Eficiencia Energética, los investigadores están trabajando, a partir del año 2009 en sistemas combinados o híbridos, los cuales funcionan de forma conjunta con sistemas fotovoltaicos y térmicos. Ahora bien, al fusionarlos se puede mantener una temperatura constante y apropiada de desempeño en ellos y, al mismo tiempo, se puede aprovechar el calor que almacenan las celdas solares para su uso en sistemas de calefacción o para la producción de agua caliente. Este artículo de reflexión, derivado del proyecto de investigación "Mejoramiento de la Eficiencia en paneles Fotovoltaicos utilizando un sistema combinado", financiado por Conadi, 2010-2011, presenta las características generales de dichos sistemas, se hace énfasis en los factores que influyen en la potencia de salida de los paneles solares y en las características de los sistemas híbridos para obtener mejor eficiencia en ellos.

**Palabras clave:** sistema fotovoltaico, sistema híbrido, sistema térmico.

## Abstract

Nowadays two different facilities are needed for the implementation of thermal and photovoltaic solar energy systems, this implies increased economic and spatial requirements. In Spain the Universidad de Zaragoza has been working since 2009 in hybrid or combined systems, which operate simultaneously with thermal and photovoltaic systems. By fusing the two systems, a proper and constant working temperature can be maintained for both and, at the same time, the heat stored by the solar cells can be used for ambient or water heating devices. This reflection paper, which stems from the research project "Improvement on the Efficiency of Photovoltaic Panels Using a Combined System" funded by Conadi, 2010-2011, presents the general characteristics of such systems, it emphasizes the factors that influence output power in solar panels, and the characteristics of hybrid systems that improve their efficiency.

**Keywords:** photovoltaic system, hybrid system, thermal system.

---

• Cómo citar este artículo: Carlos Arturo Robles Algarín. "Sistemas híbridos: una estrategia para mejorar la eficiencia en los paneles solares". *Revista Ingeniería Solidaria*, vol. 7, núms. 12-13, 2011, pp 62-67.

\* Ingeniero Electrónico de la Universidad del Norte (Barranquilla). Magíster en Ingeniería de Control y Automatización de Procesos de la Universidad Rafael Belloso Chacín (Maracaibo, Venezuela). Docente de tiempo completo de la Universidad Cooperativa de Colombia, sede Santa Marta. Docente catedrático de la Universidad del Magdalena. Correos electrónicos: carlos.robles@ucc.edu.co, carlosarturo.ing@gmail.com

## Introducción

Uno de los factores que más influye en la potencia de salida de un panel solar es la temperatura de operación. En general, para un panel solar, cuando se incrementa la temperatura de operación, disminuye la potencia de salida. La temperatura de operación ideal de un panel solar, frecuentemente, se encuentra alrededor de los 25°C. Cuando se excede ese valor, la potencia de salida nunca alcanza el valor máximo especificado por el fabricante.

Esta problemática es un factor muy importante a tener en cuenta en una instalación fotovoltaica basada en paneles solares, puesto que el precio de los paneles solares aún es elevado y no es recomendable implementar un sistema que no contemple la pérdida de eficiencia debido a las altas temperaturas a las que están expuestas las celdas solares del panel. Si la eficiencia del sistema fotovoltaico disminuye por la temperatura de operación de las celdas solares, esto se ve reflejado en que es necesario incorporar más paneles solares al sistema y, por ende, esto incrementa sus costos.

## Sistemas fotovoltaicos

Los sistemas fotovoltaicos están compuestos de diferentes elementos, los cuales varían dependiendo de la aplicación. De forma general, se puede decir que estos sistemas están compuestos por un sistema de generación de energía, un regulador de carga, un bloque de acumulación y un bloque inversor (ver figura 1).

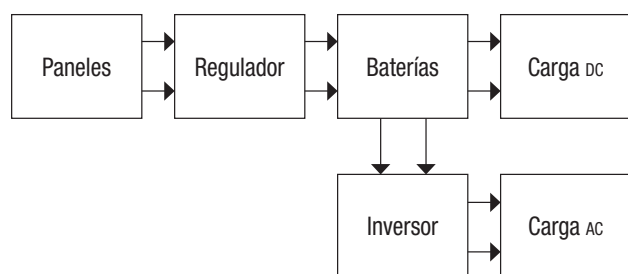


Figura 1. Sistema fotovoltaico

Fuente: Robles

- *Panel solar o fotovoltaico.* El panel solar se puede considerar como el principal componente de un sistema FV y su función es la de convertir la energía solar en energía eléctrica. La potencia entregada por los paneles solares es de corriente directa (DC) y están compuestos por conexiones serie-paralelo de celdas solares de silicio [1].
- *Regulador de carga.* Este dispositivo se encarga de controlar el estado de carga de las baterías para así poder extender su vida útil y evitar descargas profundas de esta [1].

- *Acumulación de energía.* Está compuesto por un conjunto de baterías solares, normalmente de plomo ácido o níquel cadmio, que se encargan de almacenar la energía generada por los paneles FV con el fin de que el sistema FV tenga cierta autonomía de funcionamiento en las horas de poca irradiación solar [1].
- *Inversor.* Se encarga de convertir la potencia de corriente directa DC en corriente alterna AC para los casos en los que se necesite energizar equipos que trabajen con 110/220V<sub>AC</sub> [1].

## Tipos de paneles solares

En el mercado actual se utilizan diferentes tipos de materiales semiconductores para la fabricación de células fotovoltaicas. Básicamente, existen tres tipos de paneles solares que se clasifican según el tipo de semiconductores y cristales utilizados en los procesos de fabricación. Estos tipos de paneles son:

- *Paneles solares mono-cristalinos.* Son fabricados con una estructura cristalina uniforme de silicio. Este tipo de paneles son los más eficientes en aprovechar la radiación solar y convertirla en energía eléctrica, sin embargo, su precio es el más elevado. Su rango real de rendimiento energético está entre 12% y 16% [2].
- *Paneles solares policristalinos.* Son los más comunes y utilizados en el mercado actual. Son fabricados utilizando diferentes cantidades de muchos cristales, de ahí el nombre de poli-cristalinos. Este tipo de paneles son menos eficientes que los mono-cristalinos, pero son más económicos. Su rango de rendimiento energético está entre 11% y 14% [2].
- *Paneles solares amorfos.* Son fabricados utilizando una delgada capa de silicio amorfo. Estos paneles son los menos eficientes en comparación con los demás, pero son los más económicos que existen actualmente. Su rango de rendimiento energético está entre 4% y 8% [2].

Una ventaja que poseen los paneles amorfos es que sus celdas solares se siguen cargando aunque la radiación solar sea insuficiente, lo cual ocurre cuando se presentan días sombreados [3].

## Eficiencia de un panel solar

La eficiencia de conversión de un panel solar es la relación que existe entre la energía eléctrica generada y la energía luminosa incidente. Esta relación es dada como se muestra a continuación [4].

$$\eta \frac{\text{Energía generada}}{\text{Energía incidente}} \times 100$$

Es difícil definir un valor exacto para la eficiencia de los diferentes tipos de paneles existentes, pero se puede decir que la mayoría de paneles solares fotovoltaicos producidos industrialmente tienen una eficiencia máxima teórica que oscila entre 25 y 28%, dependiendo del material semiconductor [2].

La potencia máxima de salida de un panel fotovoltaico (FV) es la característica más importante a tener en cuenta en un sistema FV. En el mercado existen muchas compañías que ofrecen paneles con diferentes potencias de salida que se pueden enmarcar en el rango de los 50-220 W [2].

### Efecto de la temperatura de trabajo en un panel FV

La temperatura de operación de un panel solar afecta tanto a la corriente de cortocircuito, como al voltaje de circuito abierto, pero el tipo de variación es diferente para ambos parámetros.

Si se tiene como referencia la temperatura de 25° C, la corriente de cortocircuito aumenta moderadamente (+ 1,6% a 50° C; + 3,3% a 75° C), mientras que el voltaje a circuito abierto disminuye sensiblemente (-9,5% a 50° C; -16,7% a 75° C). Lo anterior justifica el hecho de que los fabricantes de paneles solares ofrezcan un voltaje de circuito abierto lo más alto posible a 25° C, con lo cual se garantiza la carga exitosa de las baterías [4].

Si se asume que un panel FV opera a una irradiación constante sin ningún mecanismo de seguimiento de los rayos del sol, la potencia de salida del panel varía de acuerdo con la temperatura de operación de las celdas solares.

En la figura 2 se muestra, de modo gráfico, la relación entre la corriente y el voltaje de salida para un panel FV (curva I-V), para dos temperaturas de trabajo diferentes, cuando el nivel de radiación permanece constante.

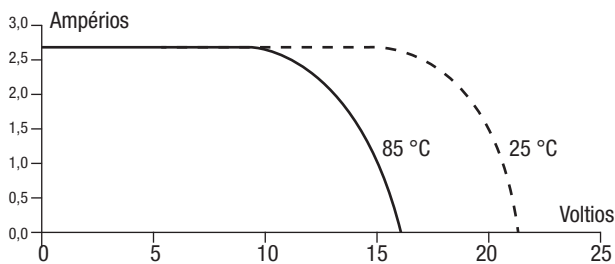


Figura 2. Curva I-V en función de la temperatura  
Fuente: Sánchez [4]

La figura anterior representa el comportamiento de la curva I-V de un panel L específico, sin embargo, los demás paneles que se encuentran en el mercado presentan un comportamiento similar. Se puede observar que el valor máximo para el voltaje de salida corresponde a un valor de corriente cero (voltaje a circuito abierto), mientras que el valor máximo para la corriente corresponde a un voltaje de salida cero (corriente de cortocircuito).

Por otra parte, en la figura 2 existe una zona, denominada de transición, en la cual pequeños aumentos en el voltaje de salida ocasionan disminuciones aceleradas en el valor de la corriente de salida. El comienzo de la zona de transición se alcanza para menores valores del voltaje de salida cuando la temperatura de trabajo se incrementa.

### Efecto de la irradiación en un panel FV

Así como la temperatura de operación afecta el desempeño de un panel FV, la irradiación a la que están expuestas las celdas solares de un panel afecta la eficiencia de un sistema FV. En la figura 3 se muestran las curvas características de un panel FV para valores de irradiación de 900 W/m<sup>2</sup> y 400 W/m<sup>2</sup>. Se puede observar claramente la disminución de la corriente de cortocircuito del panel cuando la irradiación solar disminuye [1].

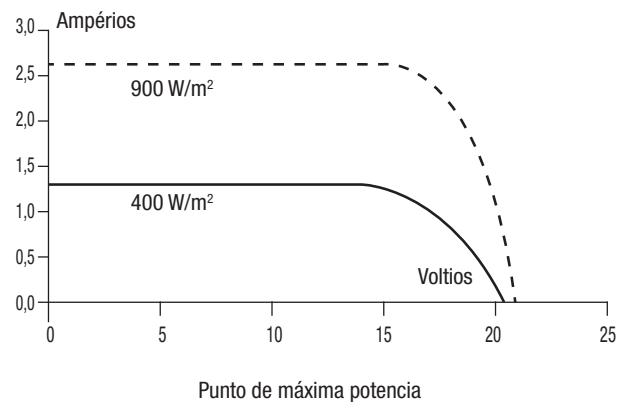


Figura 3. Curva I-V en función de la irradiación  
Fuente: Sánchez [1]

El punto de máxima potencia MPP de un panel FV representa la máxima potencia que se le puede entregar a una carga, y se ve afectado por los niveles de irradiación y por la temperatura de operación de las celdas. En la figura 4 se observa cómo para disminuciones de los niveles de irradiación el valor del MPP disminuye, de igual forma sucede para aumentos en la temperatura de operación [5].

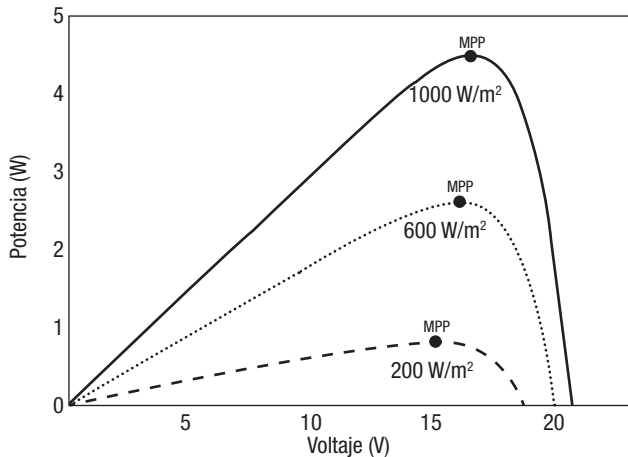


Figura 4. Curva potencia vs. voltaje de un panel FV  
Fuente: Gil [5]

Una instalación fotovoltaica eficiente debe incorporar un controlador de carga que realice un control y seguimiento del MPP, de tal forma que siempre se garantice la mayor potencia posible a una carga bajo condiciones de temperatura e irradiancia definidas.

### Sistemas solares térmicos

Los sistemas solares térmicos son aquellos que permiten aprovechar la radiación solar para generar energía por medio del calentamiento de agua. Estos sistemas están compuestos por un colector solar, un acumulador, un intercambiador de calor, un circuito hidráulico y, en ocasiones, un regulador de temperatura (ver figura 5) [2].

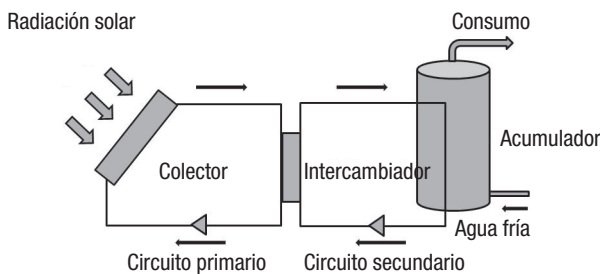


Figura 5. Sistema solar térmico  
Fuente: Fernández [2]

- **Colector solar.** Está compuesto por una placa que se encarga de absorber energía y transformarla en calor de acuerdo con las dimensiones de esta. La característica principal que identifica la calidad de un colector solar es su eficiencia, la cual mide la capacidad del colector para convertir la energía solar en energía térmica [6].

El colector solar más conocido contiene un tubo de entrada por el que circula el agua fría y otro por el que circula el agua caliente de salida, además están compuestos por un conjunto de aletas que incrementan la superficie expuesta al sol (ver figura 6) [7].

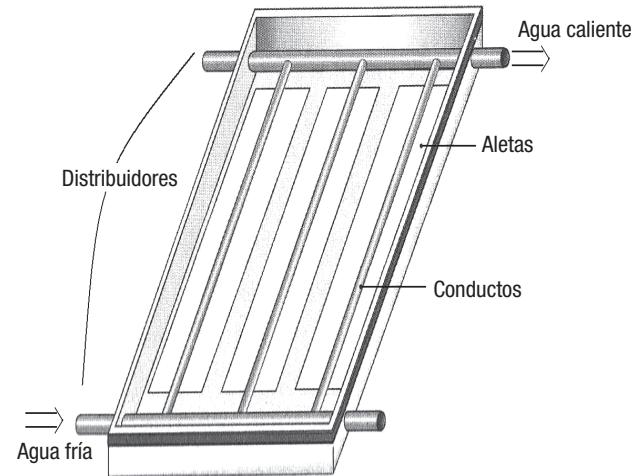


Figura 6. Colector solar  
Fuente: Martínez [7]

- **El acumulador.** Es el encargado de almacenar la energía proveniente del colector solar. Su principal función es entregar el agua caliente necesaria, independientemente de los niveles de irradiancia solar. El agua presente en un acumulador se ubica por convección, de tal forma que el agua más caliente se encuentra en la parte superior y el agua más fría está en el fondo [2].
- **Intercambiador.** Realiza la transferencia captada por el circuito primario, o captador solar, al agua caliente que se desea consumir [2].
- **Circuito hidráulico.** Es el encargado de conducir el fluido caliente por el sistema y está compuesto por válvulas, tuberías y bombas [2].
- El regulador se encarga de controlar el funcionamiento de la bomba de circulación de agua, siempre que la temperatura en el colector solar supere en algunos grados la temperatura del acumulador.

### Sistemas híbridos

Los sistemas híbridos utilizan los componentes mencionados en los apartados anteriores para los sistemas FV y para los sistemas térmicos, como se puede ver en la figura 7. Su principal característica es que utilizan paneles solares híbridos que funcionan al tiempo como colectores solares y como dispositivos para generar energía.

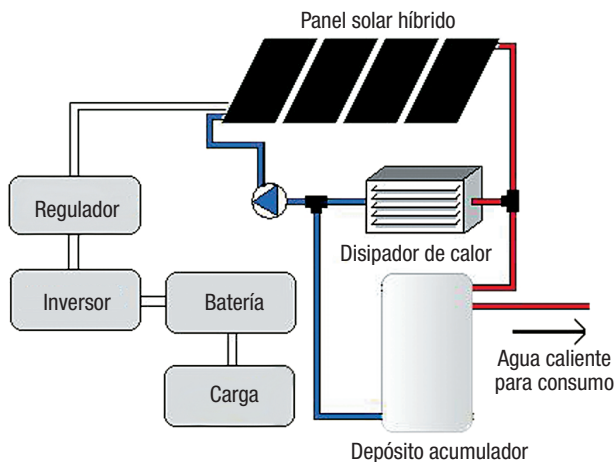


Figura 7. Sistema híbrido

Fuente: <http://www.sitiosolar.com/panel%20hibrido.htm>

El panel solar híbrido surge como la necesidad de tener en un dispositivo la capacidad de proporcionar energía eléctrica y agua caliente. Este invento fue patentado en España y galardonado con el Premio Nacional de Energías Renovables y aún se encuentra en proceso de negociación con diferentes fabricantes para realizar su producción masiva [8].

El panel híbrido está compuesto por un conjunto de células fotovoltaicas de silicio dispuestas sobre un colector térmico, un circuito hidráulico, una cubierta transparente y una carcasa con aislantes (ver figura 8).

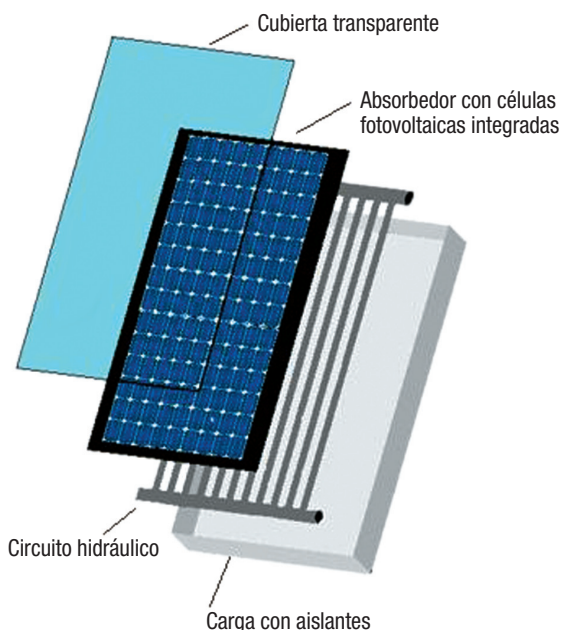


Figura 8. Panel solar Híbrido

Fuente: <http://www.sitiosolar.com/panel%20hibrido.htm>

Las funciones principales y ventajas que ofrece un panel híbrido se pueden exponer de la siguiente forma:

- *Obtención de energía.* Se logra con las células fotovoltaicas de silicio de la misma forma que se realiza en un panel FV tradicional.
- *Obtención de agua caliente.* Se obtiene aprovechando la radiación solar que se convierte en calor al igual que se realiza en un colector solar convencional.
- *Mejora de rendimiento.* Se obtiene operando al panel en las temperaturas de operación óptimas brindadas por los fabricantes. Esto se justifica teniendo en cuenta que la máxima eficiencia de un panel está calculada para una temperatura de 25° c y a partir de este punto cualquier incremento en la temperatura se ve reflejado en disminución en la eficiencia. La temperatura ideal del panel se obtiene haciendo circular un líquido calor-portante por el circuito hidráulico que permite refrigerar a las celdas FV [8].
- *Prolongación vida útil de las celdas.* Se alcanza operando al panel en la temperatura óptima.
- *Reducción de costos.* Lógicamente se consigue al lograr incrementar la eficiencia del panel. Esta característica es muy importante, teniendo en cuenta que los costos de los paneles FV aún son muy elevados y cualquier mejora en la eficiencia ocasiona una disminución en costos.

## Conclusiones

Realizando un análisis de la información presentada, se puede concluir que uno de los factores que más afecta el funcionamiento de un panel FV es la temperatura de operación de las celdas fotovoltaicas. En general, se concluye que para aumentos de temperatura la potencia de salida del panel FV disminuye. Además, la potencia de salida de un panel FV también se ve afectada por el nivel de irradiación al que están expuestas las celdas solares.

Teniendo en cuenta lo mencionado, se concluye que una instalación fotovoltaica debe contemplar los efectos de disminución de potencia debido a la temperatura de operación y a los niveles de irradiación solar. En este contexto es en el que toma importancia la aplicación de los sistemas híbridos, puesto que con la utilización de estos sistemas se logra mantener a los paneles FV en las temperaturas de operación especificadas por los fabricantes y además se obtiene agua caliente para diferentes aplicaciones.

Es pertinente concluir que en una instalación fotovoltaica eficiente, además de tener en cuenta los efectos

de la temperatura de trabajo de las celdas solares, se debe incorporar un mecanismo automatizado para el seguimiento de los rayos del sol, y un control y seguimiento del punto de máxima potencia del panel solar.

Por último, es importante resaltar que con este artículo se cumple con el objetivo de presentar una revisión de los sistemas térmicos, fotovoltaicos, híbridos y de los factores que afectan la potencia de salida un panel FV.

## Referencias

- [1] M. Sánchez. *Energía solar fotovoltaica*. Primera edición. Ciudad de México: Editorial Limusa. 2008, pp. 57-59, 70-73, 85-92.
- [2] J. Fernández. *Compendio de energía solar*. Primera edición. Madrid, Ediciones Mundi Prensa. 2008, pp. 34-36, p. 220-226.
- [3] R. Cuervo, J. Méndez. *Energía solar fotovoltaica*. Segunda edición. Madrid, Editorial Fundación Confemetal. 2007, p. 66.
- [4] H. Gasquet. *Conversión de la luz solar en energía eléctrica*. Primera edición. Cuernavaca, Solartronic. 2004, p. 25.
- [5] O. Gil. "Modelado y Simulación de Dispositivos Fotovoltaicos" [tesis de Maestría]. Universidad de Puerto Rico, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Eléctrica y Computadoras, Mayagüez, Puerto Rico. 2008, pp. 22-27.
- [6] M. Sánchez. *Energía solar térmica*. Primera edición. Ciudad de México, Editorial Limusa. 2008, pp. 50-56.
- [7] R. Martínez, I. Pilatowsky. *Sistemas de calentamiento solar de agua*. Segunda edición. México: Trillas. 2009, pp. 6-15.
- [8] "Panel solar híbrido". L. López. Pagina web panel híbrido. Consultado: 20 de enero del 2011, disponible en: <http://panelsolarhibrido.es/index.htm>