

## DISEÑO DE UN SEGUIDOR DE PUNTO MÁXIMO DE POTENCIA

S. Cuestas<sup>1</sup>, L. Lebus<sup>2</sup>

Laboratorio de Energías Alternativas – Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Paraná  
Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Paraná – Almafuerite 1033 C.P. 3100 – Entre Ríos  
Tel: 0343-4243054/4243694 – Fax: 0343-4243589 e-mail: lea.utn.parana@gmail.com

**RESUMEN:** El trabajo aquí expuesto pretende describir el principio de funcionamiento, características e implementación de un Seguidor de Punto Máximo de Potencia (MPPT – Maximum Power Point Tracking) para paneles solares. Este dispositivo tiene como función asegurar que el punto de trabajo de una celda fotovoltaica se sitúe lo más próximo al punto donde ésta otorgue la máxima potencia disponible. De los diversos algoritmos existentes para implementar un MPPT se ha escogido la técnica “Perturbar y Observar (P&O)” debido a su baja complejidad y fácil interpretación.

Dado que no se han hecho pruebas de campo, este artículo no aportará resultados experimentales, por lo que sólo se limitará a detallar las etapas de diseño.

**Palabras clave:** Energía solar, MPPT, Seguidor de Punto Máximo de Potencia, panel solar.

### INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la energía eléctrica se genera transformando otras formas de energías. Por ejemplo, a partir de la combustión de sustancias derivadas del petróleo se obtiene energía térmica, la cual a su vez se convierte en energía eléctrica. Además, se puede mencionar la energía nuclear, la cual proviene de reacciones nucleares, y la energía hídrica, que se obtiene a partir de las energías potencial y cinética de las corrientes de agua.

El uso de las fuentes energéticas anteriormente nombradas genera una serie de inconvenientes, como el inevitable agotamiento de los combustibles fósiles, los desechos contaminantes generados por los procesos nucleares y el impacto ambiental que significa la puesta en marcha de una represa hidroeléctrica. A raíz de esto, es necesario comenzar a utilizar tipos de energías que sean renovables y no contaminantes, como es el caso de la energía solar. Es importante destacar que la energía proveniente del sol posee la característica de estar disponible, en mayor o menor cantidad, en cualquier punto del planeta. Esto ofrece una ventaja considerable para aquellas zonas remotas donde el acceso a los tendidos de distribución eléctrica es muy costoso o técnicamente imposible.

La conversión de la energía solar en electricidad se realiza mediante la utilización de celdas fotovoltaicas. Éstas poseen una compleja relación entre la radiación solar, la temperatura y la resistencia, lo que produce una curva “Corriente – Tensión” característica de salida no lineal. En dicha curva existe un punto para el cual el panel ofrece la máxima potencia, para las condiciones ambientales dadas, esto último es de vital importancia ya que al variar los parámetros climáticos, como la radiación, varía el punto de máxima potencia, es en ese instante donde el MPPT adquiere relevancia.

El objetivo de un seguidor de punto máximo de potencia es muestrear constantemente la corriente y tensión en la salida de la celda, y actuar sobre la carga de manera de extraer la máxima potencia disponible. La utilización de un MPPT es una práctica muy recomendable, teniendo en cuenta que la eficiencia de una fotocélula es de aproximadamente un 15 % (Perpiñan Lamigueiro, 2012). A continuación se explicará más detalladamente su funcionamiento.

### SEGUIDOR DE PUNTO MÁXIMO DE POTENCIA - GENERALIDADES

Todo panel solar posee curvas características que definen su comportamiento para las diferentes condiciones de operación (ver figura 1). La potencia de un panel viene dado por el producto entre tensión (V) y corriente (C) de salida en el mismo instante. De todos los pares V – C posibles, existe sólo uno donde su producto es máximo. Este punto es conocido como punto de máxima potencia (MPP – Maximum Power Point), y es un valor que se modifica constantemente debido a que depende de variables como la radiación solar, la temperatura, entre otras.

---

<sup>1</sup> Becario Laboratorio Energías Alternativas.

<sup>2</sup> Becario Laboratorio Energías Alternativas.

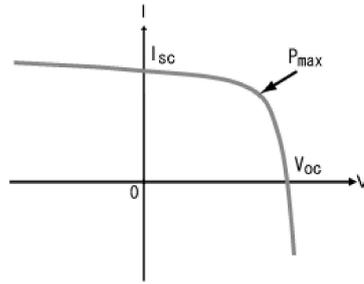


Figura 1: Característica Corriente – Tensión para un nivel de radiación en particular.

Las técnicas de seguimiento del MPP se utilizan para maximizar la energía entregada por los sistemas fotovoltaicos. En general, dicho seguimiento se realiza utilizando un convertor continua-continua (DC/DC - Direct Current/Direct Current), el cual es controlado mediante una señal modulada en ancho de pulso (PWM – Pulse-Width Modulation). De esta manera se modifica la corriente extraída del panel y, por lo tanto, su potencia. Existe una gran variedad de algoritmos de seguimiento que se diferencian por su complejidad, su velocidad de convergencia al MPP, costos, sensores utilizados, etc. De todos ellos, el más utilizado es el de “perturbar y observar”, debido a su simplicidad de funcionamiento.

La figura 2 ilustra lo que se ha mencionado, en ella se observa como el MPP varía de acuerdo a las condiciones ambientales. En este caso se muestran tres curvas correspondientes a tres situaciones.

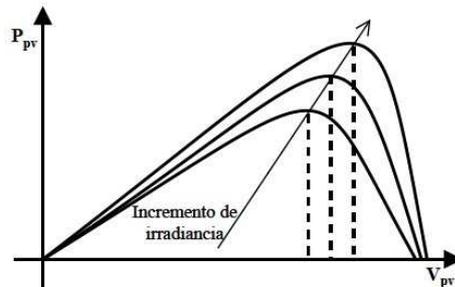


Figura 2: Familia de curvas Potencia – Tensión para diversas condiciones de operación.

## CONVERSION DC/DC

Para llevar a cabo su función, el MPPT se basa en la utilización de un convertor DC/DC, que controla la corriente que se extrae de la celda. Existen diferentes tipos de convertidores conmutados: reductores o Buck, elevadores o Boost, y por último un híbrido de los anteriores. El funcionamiento básico de éstos consiste en el almacenamiento temporal de energía y la cesión de ésta en un periodo de tiempo. Este periodo de tiempo determinará la cantidad cedida a la carga.

Los convertidores DC/DC se pueden dividir en tres bloques:

- Conmutación.
- Elemento de acumulación de energía.
- Filtrado de la señal.

El bloque de la conmutación se encarga de trocear la señal de entrada según la frecuencia y el ciclo de trabajo que se le quiera dar al elemento conmutador. La acumulación de la energía se rige por primer bloque, ya que éste determinará cuándo será liberada hacia la carga del sistema. Y el último bloque, filtra la señal conmutada.

El sistema se compone de dos bloques fundamentales: una etapa de manejo de potencia formada por el convertidor Buck, implementado de manera similar al esquema mostrado en la figura 3, y un bloque de control, el cual se encarga de censar las condiciones del panel y controlar la corriente entregada a la carga. En este sistema de control se busca optimizar y reducir al mínimo el consumo de energía para lograr un mayor rendimiento en el MPPT, y tener la mayor potencia disponible para la carga.

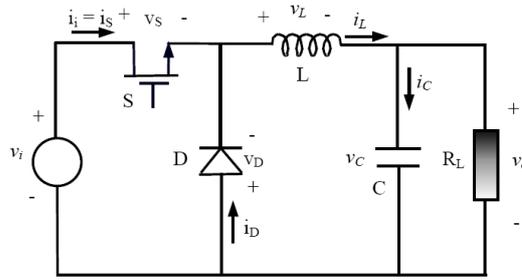


Figura 3: Conversor Buck.

Este tipo de de conversor transforma un voltaje de entrada no regulado en un voltaje de salida regulado y siempre inferior al de entrada. El método de control usado será basado en una frecuencia de trabajo fija, con modulación de ancho de pulso. Esta modulación será generada por un microcontrolador ( $\mu$ C), basándose en los algoritmos programados de control del punto de máxima transferencia de potencia.

La modulación PWM se basa en modificar el tiempo en alto de una onda cuadrada de periodo constante. Con ello se modifica el valor medio de la señal. Esta técnica suele utilizarse, por ejemplo, en el control de velocidad de motores eléctricos de corriente continua. A continuación se muestra un gráfico que ilustra el comportamiento de una modulación de ancho de pulso.

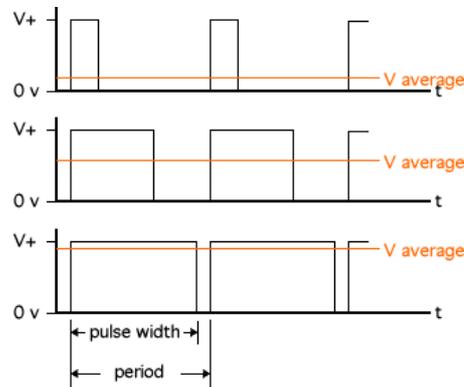


Figura 4: Modulación de ancho de pulso.

El esquema a continuación muestra el sistema completo con los dos bloques interconectados.

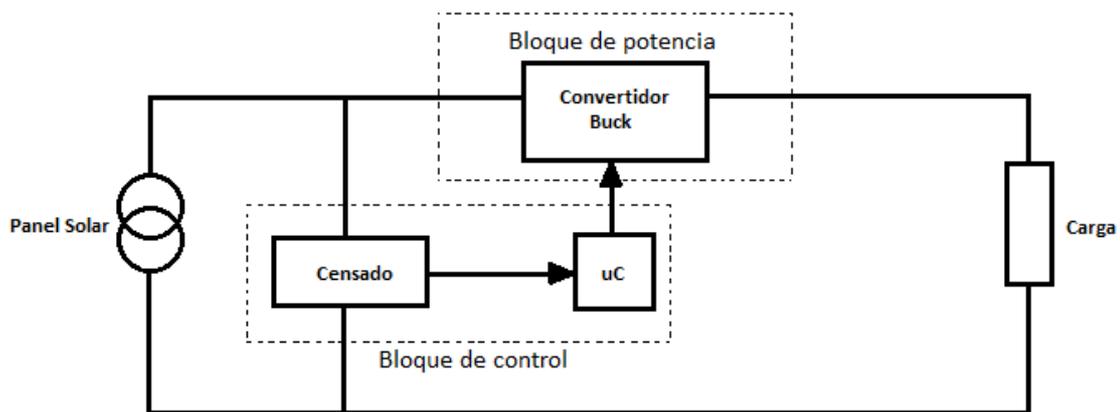


Figura 5: Esquema general del MPPT.

### ALGORITMO PERTURBAR Y OBSERVAR

El algoritmo “perturbar y observar” se basa en el siguiente criterio: si el voltaje de operación del arreglo fotovoltaico se perturba en cierta dirección, y la potencia extraída del mismo se incrementa, significa que el punto de operación se ha movido hacia el MPP, por consiguiente el voltaje de operación deberá perturbarse en la misma dirección. De otra forma, si la potencia extraída del arreglo fotovoltaico disminuye, el punto de operación se ha movido en dirección opuesta de la ubicación del

MPP; por consiguiente el voltaje de operación deberá ser perturbado en dirección contraria a la que se tenía (Ruiz et al., 2010). Una vez alcanzado el punto de máxima potencia el algoritmo P&O hará que el punto de operación del panel oscile en torno a él.

A continuación se describirán los 4 casos posibles que pueden encontrarse, donde  $\Delta P$  y  $\Delta V$  representan las variaciones en el tiempo, de potencia y tensión respectivamente, entre una muestra actual y una anterior.

- $\Delta P > 0$  y  $\Delta V > 0$ : En este caso el sistema de control disminuye el ciclo de trabajo con el fin de continuar aumentando la tensión de salida del panel hasta alcanzar el punto MPP.

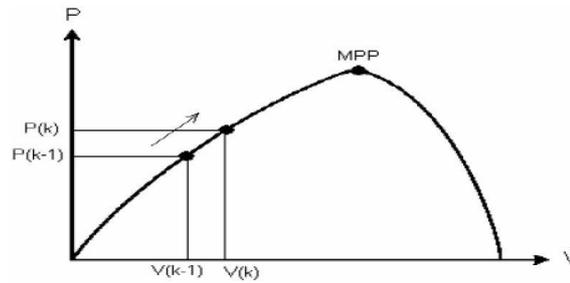


Figura 6:  $\Delta P > 0$  y  $\Delta V > 0$ .

- $\Delta P > 0$  y  $\Delta V < 0$ : En este caso el sistema de control aumenta el ciclo de trabajo con el fin de continuar disminuyendo la tensión de salida del panel hasta alcanzar el punto MPP.

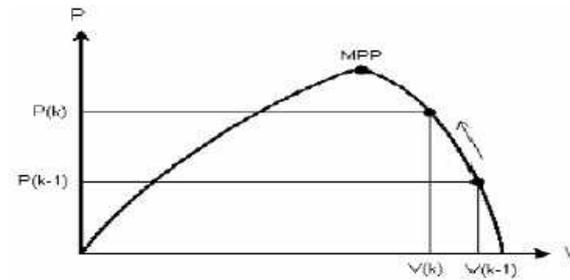


Figura 7:  $\Delta P > 0$  y  $\Delta V < 0$ .

- $\Delta P < 0$  y  $\Delta V < 0$ : En este caso el sistema de control disminuye el ciclo de trabajo con el fin de continuar aumentando la tensión de salida del panel hasta alcanzar el punto MPP.

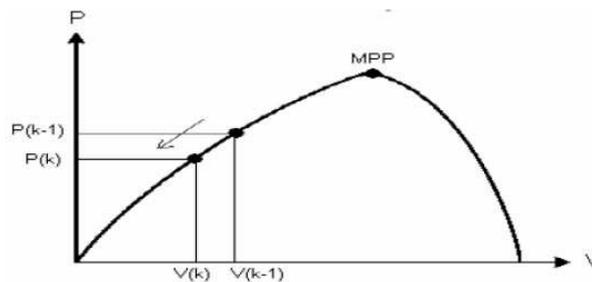


Figura 8:  $\Delta P < 0$  y  $\Delta V < 0$ .

- $\Delta P < 0$  y  $\Delta V > 0$ : En este caso el sistema de control aumenta el ciclo de trabajo con el fin de continuar disminuyendo la tensión de salida del panel hasta alcanzar el punto MPP.

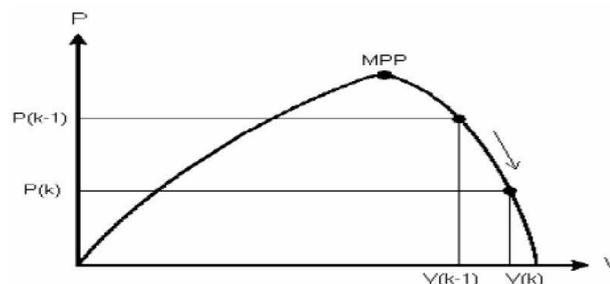


Figura 9:  $\Delta P < 0$  y  $\Delta V > 0$ .

Teniendo en cuenta las situaciones planteadas anteriormente se procede a realizar el algoritmo que tiene como fin aumentar o disminuir el valor del ciclo de trabajo del módulo PWM del microcontrolador, de acuerdo a las muestras de tensión y corriente realizadas. Estas se adquieren a través del conversor analógico-digital del  $\mu\text{C}$ , en forma periódica. Luego, se procesan dentro del programa para calcular la potencia actual y previa, ya que lo que se busca es observar las variaciones de los parámetros censados. A continuación se muestra el algoritmo. Para facilitar la comprensión de los lectores, el mismo se encuentra representado en un diagrama de flujo, dado que el código del programa implicaría conocimientos avanzados en lenguajes de programación.

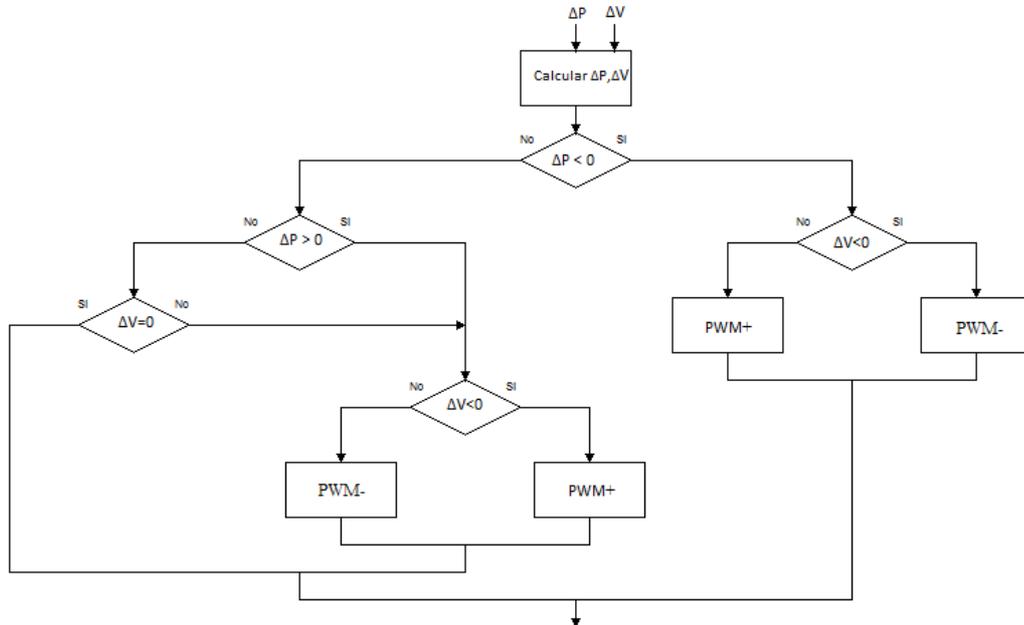


Figura 10: Diagrama de flujo de algoritmo P&O.

## CONCLUSIONES

Este proyecto surge de la necesidad de optimizar el rendimiento de un sistema fotovoltaico a través de un dispositivo de bajo costo, robusto y que necesite el menor mantenimiento posible.

Como fue expuesto anteriormente la energía solar tiene como ventaja estar disponible en cualquier lugar, lo que ofrece la posibilidad de instalar un sistema fotovoltaico en áreas alejadas de redes de distribución eléctrica. A pesar de esta ventaja, las celdas tienen un elevado costo en relación al rendimiento que poseen. Por lo tanto, si pensamos en la magnitud de la inversión que representa la instalación de sistemas fotovoltaicos es imperativo el uso de dispositivos que maximicen la obtención de energía de los mismos.

El sistema está pensado para su utilización en instalaciones pequeñas, de baja potencia, donde el aumento en el rendimiento puede significar una gran parte del suministro.

La próxima etapa de este proyecto consta de la implementación y prueba del sistema, obteniendo resultados sobre cálculos de potencia y rendimiento, para adquirir valores reales sobre el aumento en la extracción de potencia de los paneles fotovoltaicos. De esta forma podremos apreciar que la inclusión de un dispositivo MPPT en un sistema fotovoltaico representa una decisión acertada.

## **REFERENCIAS**

Ruiz L., Beristáin J., Sosa T. y Hernández J. (2010). Estudio del Algoritmo de Seguimiento de punto de Máxima Potencia Perturbar y Observar. RIEE&C Vol. 8 No 1.

Perpiñan Lamigueiro O. (2012). Energía solar fotovoltaica.

## **ABSTRACT**

The work presented here is intended to describe the working principle, characteristics and implementation of a Maximum Power Point Tracker (MPPT) for solar panels. This device has the function of ensuring that the working point of a PV cell is placed the closest to the point where it gives the maximum power available. Of the various existing algorithms for the implementation a MPPT, the chosen technique is "Disturb and observe (P & O)" due to its low complexity and easy interpretation.

Since there have been no field testing, this article does not provide experimental results, so it will just detail the design stages.

## **Keywords:**

Solar Energy, MPPT, Maximum Power Point Tracker, Solar Panel.