

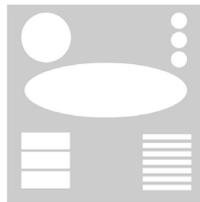


**Tierra,**  
*Medio Ambiente*  
**y Energía**

---

Ingeniantes

# Circuito elevador de voltaje para una celda solar mediante dispositivos electrónicos para encendido de LED's



## Colaboración

Jeremías Bravo Tapia, Instituto Tecnológico Superior de Acatlán de Osorio

**RESUMEN:** En el presente se muestran las pruebas realizadas para la elevación del voltaje desde 1.5 y 3 Volts mediante la aplicación de un circuito electrónico oscilador con la finalidad de ser aplicado en las celdas solares para mejorar su rendimiento en la producción de energía eléctrica.

En las pruebas realizadas se ha logrado incrementar el voltaje desde 1.5 V hasta más de 30 V y de 3 V hasta 42 V. Las pruebas se realizaron con LED's (Diodos Emisores de Luz) de 5 mm y LED's de potencia de 3 Watts, transistores, resistores, capacitores un transformador toroidal, una fuente de alimentación de cd y un pequeño panel solar que tiene tres celdas solares de 1.5 V a 100 mA al conectarlas en serie produce hasta 4.5 V.

**PALABRAS CLAVE:** Celda solar, eficiencia en celdas solares, elevador de voltaje, LED's, circuito oscilador.

**ABSTRACT:** In the present the tests carried out for the elevation of the voltage from 1.5 and 3 Volts are shown by means of the application of an electronic oscillator circuit with the purpose of being applied in the solar cells to improve its performance in the production of electrical energy.

In the tests carried out it has been possible to increase the voltage from 1.5 V to more than 30 V and from 3 V to 42 V. The tests were performed with LED's (Light Emitting Diodes) of 5 mm and power LEDs of 3 Watts, transistors, resistors, capacitors a toroidal transformer, a cd power supply and a small solar panel that has three solar cells from 1.5 V to 100 mA when connected in series produces up to 4.5 V.

**KEYWORDS:** Solar cell, efficiency in solar cells, voltage booster, LED's, oscillator circuit.

## INTRODUCCIÓN

En el Instituto Tecnológico Superior de Acatlán de Osorio (ITSAO) se han realizado pruebas con un sistema fotovoltaico instalado que alimenta a lámparas de LED's, sin embargo, al analizar la radiación solar en esta región y el bajo rendimiento actual existente de las celdas solares se llega a considerar que es necesario el desarrollo de circuitos electrónicos que sean capaces de mejorar el aprovechamiento de la energía fotovoltaica. Tomando en cuenta este problema se han realizado pruebas con una con un pequeño panel solar formado por tres celdas solares de 1.5 V.

La conversión de energía solar en electricidad es una respuesta viable para abordar la mayoría de los problemas energéticos del mundo. Entre los parámetros que afectan el rendimiento de las células fotovoltaicas y los sistemas de concentración de energía solar se incluyen su orientación y ángulo de inclinación con respecto al sol [1]. Las preocupaciones sobre el medio ambiente y el aumento de la demanda de energía han llevado al mundo a pensar en fuentes alternativas de energía como la eólica, la hidráulica, la solar y la de combustible. De estos, los sistemas de generación de energía fotovoltaica se han vuelto cada vez más importantes en todo el mundo debido a su disponibilidad, limpieza, bajo costo de mantenimiento y naturaleza inagotable. Pero la energía producida por el sistema fotovoltaico es de naturaleza estocástica debido a la variación de la radiación solar y la temperatura de la celda a lo largo del día [2]. La capacidad de salida de potencia fotovoltaica sigue siendo baja y los costos asociados siguen siendo elevados, por lo que los esfuerzos continúan desarrollando convertidores fotovoltaicos y sus controladores, apuntando a una mayor eficiencia de extracción de energía y rentabilidad [3].

Se propone un diseño potencial de celda solar  $\text{Cu}_2\text{ZnSn}(\text{S},\text{Se})_4/\text{CdS}$  (CZTS) de alta eficiencia basado en ingeniería graduada de banda prohibida que puede ofrecer los beneficios de un mejor comportamiento de absorción y efectos reducidos de recombinación. exhibe un rendimiento superior, donde se registra una alta eficiencia del 16.9% para la célula solar optimizada con una mejora relativa del 92%, en comparación con la eficiencia de celda de referencia del 8.8%. Del mismo modo, la célula solar CZTS optimizada con un intervalo de banda graduado permite alcanzar un voltaje de circuito abierto mayor de 889 mV, una corriente de cortocircuito de 28,5 mA y un factor de llenado del 66% [4].

Existen más técnicas de optimización y mejora de las celdas solares enfocadas directamente en el material de construcción y el material de la cubierta de cristal para una mejor captación de luz y producción de energía eléctrica como es el caso descrito en [5] que utiliza un software para la simular y optimizar una celda solar orgánica con la extracción de características de Voltaje-Corriente, en [6] que utiliza espejos reflectores y en [7] utilizan reflectores y el enfriamiento de las celdas solares para mejorar su eficiencia manteniéndolo aproximadamente a 25 °C porque por arriba de esa temperatura se reduce el voltaje de circuito abierto disminuyendo su eficiencia.

También se aplican técnicas de circuitos electrónicos como convertidores CC/CC o DC/DC y osciladores para amplificación de voltaje y mejora de la

energía producida por las celdas solares como es el caso de [8] que se enfoca en la utilización de la energía solar para baterías recargables, en [9] desarrollan un circuito de refuerzo CC/CC fue fabricado y probado para su uso con pilas de combustible microbianas (MFC) para aumentar el voltaje operativo típico (100-300 mV) a un voltaje > 3 V. En estado estable, la baja potencia del circuito de refuerzo de voltaje era sostenible, es decir, alimentado solo por los MFC, pero requería una fuente de alimentación externa para iniciar (pero no era necesario para mantener) el oscilador, en [10] se presenta un método novedoso para la puesta en marcha de circuitos sin batería a partir de fuentes de aprovechamiento de energía de voltaje ultrabajo.

Se diseñó y fabricó un circuito de refuerzo de voltaje, con el objetivo de la realización de un sistema monolítico LSI que utiliza una célula solar en chip para eliminar la necesidad de suministro de voltaje externo la celda solar en el chip es de aproximadamente -0.5 V, y se logra obtener un voltaje de alrededor de + 4.0 V [11].

En [12] se propone una cosechadora de energía óptima (OEH) que utiliza un módulo fotovoltaico flexible (FPV) de 19 cm × 4 cm que puede ajustarse fácilmente a los contornos del cuerpo humano se utiliza para generar una potencia máxima de hasta 500 mW para cargar una batería en entornos al aire libre. Para optimizar la energía recolectada bajo varias irradiancias, el OEH está diseñado con un circuito de refuerzo para cosechar la baja energía disponible en el interior y un rastreador de máxima potencia para recolectar la alta energía que está disponible en el exterior. El amplificador puede operar dentro de un amplio rango de voltaje de entrada de 0.65-3 V para generar un voltaje de salida estable de 3.3 V, y tiene una alta eficiencia de conversión de aproximadamente 95%.

Las celdas solares policristalinas de CdS/CdTe tienen en la actualidad una eficiencia fotovoltaica del 20.4% mostrado en el Fist Solar [13]. Con esto aún se considera una eficiencia muy baja.

Se demostró que la eficiencia en las celdas solares de Si cristalino es de 25.6%, las de GaAs en capa delgada es de 28.8%, las de InGaP/GaAs/InGaAs es de 37.9% [14], existen otras tecnologías sin embargo éstos son los niveles más altos que se han logrado y claro por las tecnología de fabricación utilizada el costo es elevado.

Se describe que las celdas monocristalinas presentan una eficiencia aproximada del 14-18%, las policristalinas un 10-15%, las amorfas <10%, las de película delgada aproximadamente 5%, las de GaAs presentan >30% que es un material muy eficiente

sin embargo presenta un elevado costo de fabricación y las de Teluro de Cadmio/Sulfuro de Cadmio (CTS) de 8-10% [15] y [16].

El circuito de prueba de esta investigación es un convertidor cc-cc basado mediante un oscilador que logra incrementar el voltaje de una batería o de una celda solar abasteciendo de energía a LEDs de 5 mm y de potencia; el objetivo es la mejora del aprovechamiento de celdas solares mediante dispositivos electrónicos.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Diseño del sistema.

Esta investigación se ha desarrollado en las instalaciones del Laboratorio de Electrónica del ITSAO ubicado en el kilómetro 5.5 de la carretera Acatlán-San Juan Ixcaquixtla, Unidad Tecnológica, Acatlán de Osorio, Puebla.

En el diagrama de bloques que se muestra en la Figura 1 se desarrolla el proceso de conversión de la energía solar a eléctrica, las celdas solares utilizadas son de 1.5 a 3 Volts este voltaje es acondicionado mediante dispositivos electrónicos para elevarlo a 5, 6 o 12 V y ser transformado a energía luminosa por medio de LED's, también se puede transformar esa energía eléctrica en energía mecánica para la alimentación de pequeños motores de cd.

La unidad de experimentación es un pequeño panel solar capaz de generar 4.5 V a 100 mA al que se le aneza el circuito elevador de voltaje y se le aplican mediciones de voltaje realizadas con un multímetro alimentando LED's de diferentes tipos y colores.

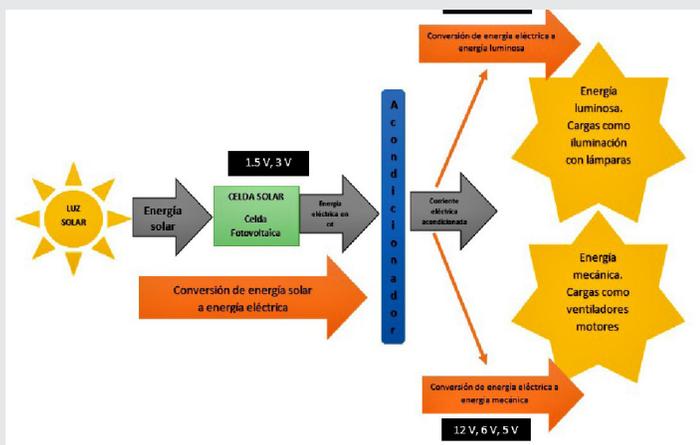


Figura 1. Diagrama de bloques del funcionamiento del circuito.

Para empezar, se tomaron en cuenta los esquemas eléctricos de una lámpara solar recargable de advertencia a prueba de agua, de una luz solar de jardín y el de una antorcha con energía solar todos

presentados por [17] que utilizan una técnica de procesamiento de la energía solar mediante transistores, capacitores, resistores, inductores, diodos y LED's casos muy relacionados con lo que se desarrolla en este trabajo, se muestran en las Figuras 2, 3 y 4; el voltaje proporcionado por las cuatro celdas solares conectadas en serie es de 4.5 V en los tres casos.

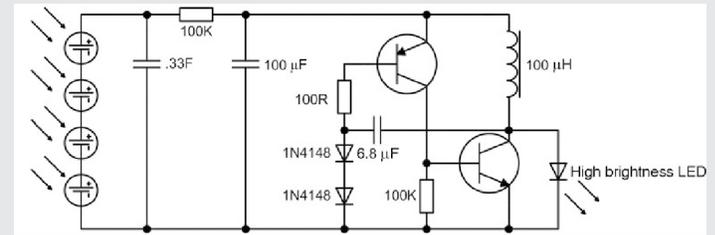


Figura 2. Esquema de luz solar de advertencia a prueba de agua.

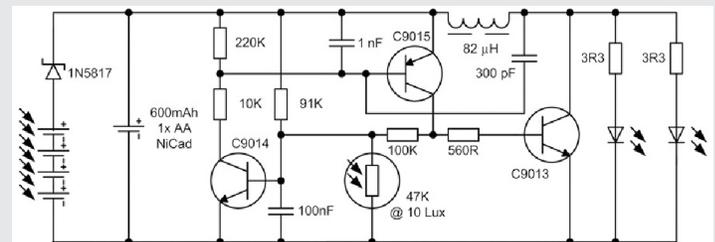


Figura 3. Esquema de luz solar de jardín.

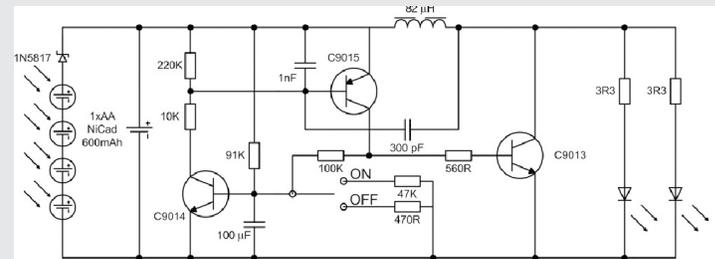


Figura 4. Esquema de antorcha con energía solar.

Z. Kaparnik publicó en 1999 tres circuitos de accionamiento para el funcionamiento de los LED a partir de tensiones de alimentación inferiores a 1,5 V donde el funcionamiento es basado en un oscilador de bloqueo [18] los esquemas se muestran en la Figura 5.

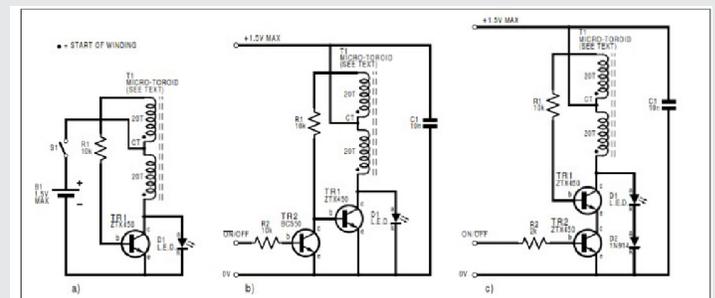


Figura 5. Circuitos de accionamiento para el funcionamiento de los LED a partir de tensiones de alimentación inferiores a 1,5 V [5].

Figura 5. Circuitos de accionamiento para el funcionamiento de los LED a partir de tensiones de alimentación inferiores a 1,5 V.

Son los principales esquemas en los que se ha basado esta investigación.

**Construcción del circuito.**

En el desarrollo del estudio de esta investigación se utilizaron componentes electrónicos principales como un transistor 2N3055, un capacitor electrolítico de 68 microfaradios ( $\mu\text{F}$ ) a 420 Volts (V), capacitores cerámicos, un transformador toroidal, un diodo rectificador y un potenciómetro; como equipo para la experimentación se utilizó una fuente de voltaje de corriente directa (cd) y un multímetro digital.

En la Figura 6 se observa el circuito armado conectado a una fuente de cd utilizando como carga tres LED's para verificar el funcionamiento. Un LED no enciende con 1.5 V, sin embargo, con el circuito agregado logra encender los de 5 mm de una manera aceptable y al incrementar el voltaje de entrada hasta 3 V se logran encender hasta LED's de 3 W.

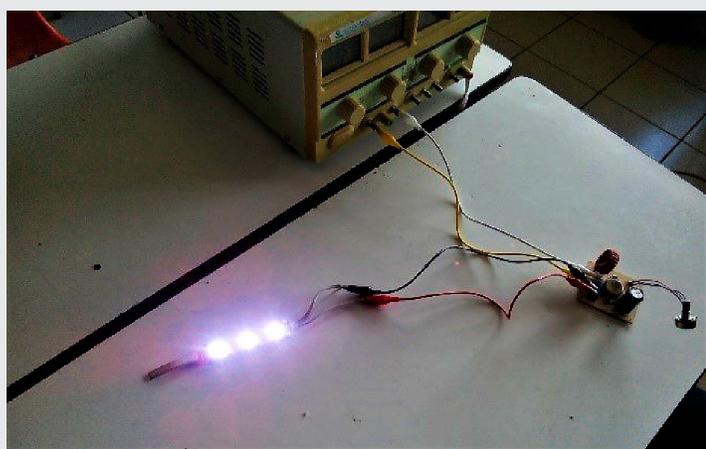


Figura 6. Circuito armado y conectado.

**RESULTADOS**

La fuente de alimentación se ajustó a 2.8 V como se muestra en la Figura 7 logrando encender los tres LED's con una corriente de 1.59 Amperes (A) mostrados en los display's de la fuente.

En la Figura 8 se muestra que se logra elevar el voltaje hasta 40.4 V sin conexión de la carga.

En la Figura 9 se muestra una elevación de 32.9 V que resultan al ajustar el valor con el potenciómetro.

En la Figura 10 se muestra una elevación de 27.8 V ajustados.

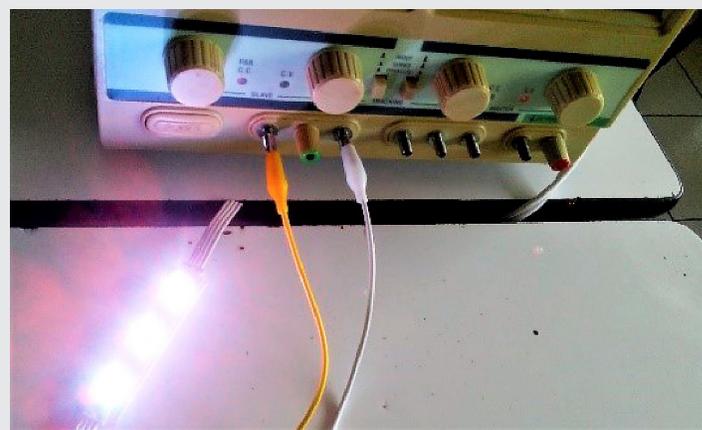


Figura 7. Prueba a 2.8 V.

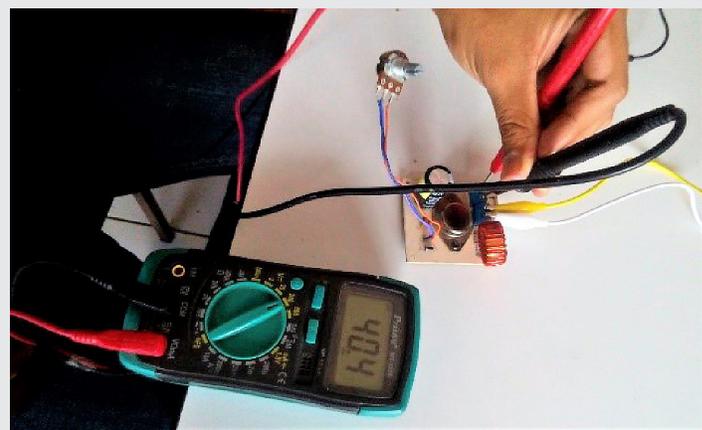


Figura 8. Elevación del voltaje hasta 40.4 V.

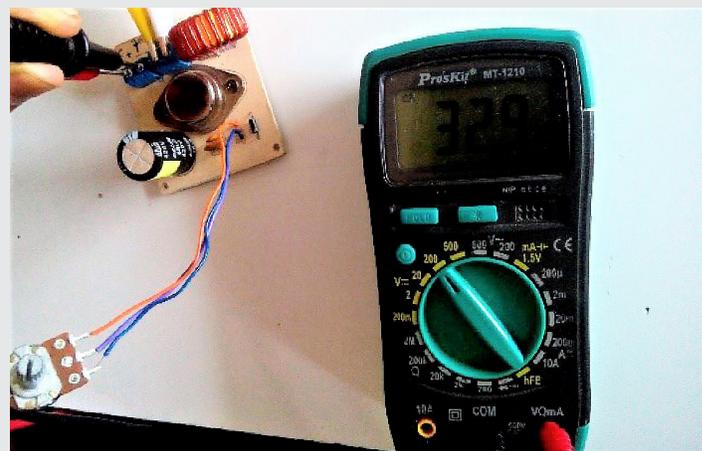


Figura 9. Elevación del voltaje hasta 32.9 V.



ganic solar cell,» *Optik*, vol. 157, nº 6, pp. 924-929, 2018.

*the Evil Genius 50 Build-It-Yourself Projects, United States of America: McGrawHill, 2009.*

[6] S. M. I. S. I. R. G. Jee Joe Michael, «Enhanced electrical performance in a solar photovoltaic module using V-trough concentrators,» *Energy*, pp. 605-613, 2018.

[18] Z. Kaparnik, «vampire torch,» *EPE Everyday Practical Electronics*, 1999.

[7] A. Sheikh Md Shahin y M. R. A.N.M., «Performance comparison of mirror reflected solar panel with tracking and cooling,» *IEEE Conferences, 2016 4th International Conference on the Development in the in Renewable Energy Technology (IC-DRET)*, pp. 1-4, 2016.

[8] Y. S. G. H. Z. Qi Lib, «Solar energy storage in the rechargeable batteries,» *Nanotoday*, vol. 16, nº 5, pp. 46-60, 2017.

[9] J. C. B. L. A. F. B. R. R. Peter K. Wu, «A low power DC/DC booster circuit designed for microbial fuel cells,» *Process Biochemistry*, vol. 47, nº11, pp. 1620-1626, 2012.

[10] A. R. E. M. M. Antonio Camarda, «A 32 mV/69 mV input voltage booster based on a piezoelectric transformer for energy harvesting applications,» *Sensors and Actuators A: Physical*, vol. 232, nº 12, pp. 341-352, 2015.

[11] T. Kimura y H. Ochi, «A -0.5V-input voltage booster circuit for on-chip solar cells in 0.18 $\mu$ m CMOS technology,» *IEEE Conferences 2015 15th International Symposium on Communications and Information Technologies (ISCIT)*, pp. 193-196, 2015.

[12] T. Thang Viet y C. Wan-Young, «High-Efficient Energy Harvester With Flexible Solar Panel for a Wearable Sensor Device,» *IEEE Sensors Journal*, pp. 9021-9028., 2016.

[13] *First Solar*, 25 Febrero 2014. [En línea]. Available: <http://investor.firstsolar.com/news-releases/news-release-details/first-solar-sets-world-record-cdte-solar-cell-efficiency>.

[14] M. A. Green, K. Emery, Y. Hishikawa, W. Warta y E. D. Dunlop, «Solar cell efficiency tables (Version 45),» *Progress in Photovoltaics*, pp. 1-9, 2014.

[15] J. Roldán Vilorio, *Instalaciones Solares Fotovoltaicas*, 1ra ed., Madrid, España: Paraninfo, 2010.

[16] M. Á. Sanchez Maza, *Energía Solar Fotovoltaica*, México: Limusa, 2012.

[17] G. D. J. Harper, *Solar Energy Projects for*