

## Diseño e implementación de un sistema de conversión de energía térmica a energía eléctrica

ALCALA-BAROJAS, Iván\*†, CONTRERAS-CALDERÓN, Enrique, BELTRÁN-ESCOBAR, Alberto Miguel, RUMBO-MORALES, Jese Yoe

*Universidad Tecnológica Emiliano Zapata del Estado de Morelos, División Académica de Mecánica Industrial, Av. Universidad tecnológica No. 1. Col. Palo Escrito, C.P. 62760, Emiliano Zapata Morelos, México*

Recibido 7 de Abril, 2017; Aceptado 15 de Junio, 2017

### Resumen

En base a un estudio se llegó a la conclusión de que uno de los elementos que no faltan, o básicamente uno de los recursos a los que se tiene mayor acceso en una zona rural es el fuego, es por esta razón que se llegó a la idea de crear un sistema que utilizara el fuego pero que transformara esta energía para mayor beneficio en electricidad. Se realizó un sistema de conversión de energía térmica en energía eléctrica en la fase de prototipo, el cual tuvo como fin aprovechar el efecto seebeck para transformar la energía. El prototipo se llevó a cabo utilizando placas seebeck, se usaron placas de cobre para hacer un esqueleto que absorbiera rápidamente el calor y transfiriera este a las placas seebeck. Dicho sistema se realizó con el cuidado y selección de componentes para eficacia y bajo costo. Otros objetivos fueron diseñar un prototipo pensado para ser portátil, lograr alcance de entre 1 a 5 Watts, mantener una salida constante de 5 V, determinar la viabilidad del sistema expuesto a situaciones reales tanto como su rentabilidad, ventajas y monto de inversión.

**Efecto seebeck, energía eléctrica, energía térmica, prototipo**

### Abstract

Based on a study, it was concluded that one of the elements that are not missing, or basically one of the resources that has the greatest access in a rural area is fire, it is for this reason that the Idea to create a system that uses the fire but that will transform this energy for greater benefit in electricity. A system of conversion of thermal energy into electrical energy was carried out in the prototype phase, which was aimed to take advantage of the seebeck effect to transform energy. The prototype was carried out using seebeck plates, copper plates were used to make a skeleton which absorbed heat quickly and transferred this to the seebeck plates. This system was done with the care and selection of components for efficiency and low cost. Other objectives were to design a prototype designed to be portable, reach range of between 1 to 5 Watts, maintain a constant output of 5 V, to determine the feasibility of the system Exposed to real situations as well as their profitability, advantages and amount of investment.

**Seebeck effect, electric energy, thermal energy, prototype**

**Citación:** ALCALA-BAROJAS, Iván, CONTRERAS-CALDERÓN, Enrique, BELTRÁN-ESCOBAR, Alberto Miguel, RUMBO-MORALES, Jese Yoe. Diseño e implementación de un sistema de conversión de energía térmica a energía eléctrica. Revista de Innovación Sistemática. 2017. 1-2:39-45

\*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: ivanalcala@utez.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor

## Introducción

La energía térmica es generada en cualquier sistema ya sea mecánico, eléctrico, biológico, químico, etc., ésta, genera una entropía o pérdida que se disipa en el entorno. Así como el fuego es usado como método de calefacción o cocción, pero el calor emitido por éste en parte es desaprovechado, de modo que hay una pérdida enorme, por lo que se busca que esta energía sea canalizada y aprovechada en otro tipo de sistema que trabaje a partir de ella.

El efecto seebeck es aquel que permite trabajar a partir de cierta concentración de calor o diferencia de temperatura entre la unión de dos metales de diferente naturaleza permitiendo un flujo de corriente o diferencia de potencial, lo que significa que aprovecha el calor emitido de un sistema y lo transforma en energía eléctrica.

La energía térmica que se genera alrededor de una llama puede convertirse en energía eléctrica con la utilización de los elementos adecuados que utilizan el efecto seebeck de forma que se aproveche la mayoría de la energía ayudando de esta forma a economizar gastos y reducir el uso de otras fuentes de energía no renovables.

Algunas zonas rurales actualmente en México aún carecen del servicio de electricidad y demasiadas comunidades están lejos de contar con ello, por esta misma razón el enfoque del proyecto va orientado a brindar una ayuda o establecer una alternativa de servicio eléctrico de bajo presupuesto.

## Efecto Seebeck

Una diferencia de temperatura entre dos puntos en un conductor o semiconductor da como resultado una diferencia de voltaje entre estos dos puntos.

Dicho de otra forma, un gradiente de temperatura en un conductor o un semiconductor da lugar a un sistema incorporado en campo eléctrico. Este fenómeno se denomina el efecto Seebeck o el efecto termoeléctrico. El coeficiente de Seebeck mide la magnitud de este efecto (Cengel, Y. A., & Ghajar, A. J. 2011). El voltaje termoeléctrico desarrollado por unidad de diferencia de temperatura en un conductor se denomina coeficiente de Seebeck. Sólo la diferencia neta de tensión Seebeck entre los diferentes metales se puede medir. El principio del termopar se basa en el efecto Seebeck. (Kasap, 2001).

## Aislamiento térmico

Para mantener la temperatura de un cuerpo sin aplicarle más calor constantemente debemos reducir estas transmisiones de calor al mínimo Alfredo, J. B., Carmen, G. T., & Gabriel, B. S. (2014).

En la naturaleza hay infinidad de aislantes térmicos de este tipo: la paja, la madera, el corcho, el pelo de los animales etc. Por su parte, la tecnología moderna ha logrado sintetizar materiales aislantes especialmente diseñados para esta función, como poliuretano-expandido, espuma de poliuretano, lana mineral, fibra de vidrio y una gran variedad de plásticos que pueden esponjarse y adquirir gran volumen con muy poca masa. (Jiménez, 2004)

## Materiales cerámicos

Destacan entre las ventajas de los materiales cerámicos para aplicaciones industriales su peso ligero, gran resistencia y dureza, buena resistencia al calor y al desgaste, poca fricción y propiedades aislantes. (Smith, & Hashemi. 2006).

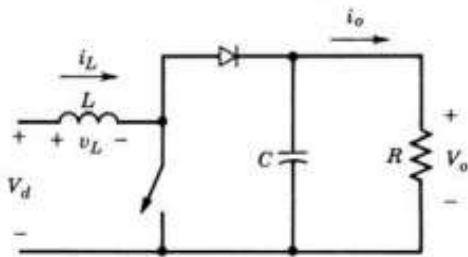
### Convertidor elevador (boost)

Su aplicación principal es en fuentes de energía de Corriente Continua (CC) regulada y en el frenado regenerativo de motores de CC. Como implica su nombre, el voltaje de salida siempre es más grande que el voltaje de entrada.

Cuando el interruptor está encendido, el diodo es de polarización inversa, lo que aísla la etapa de salida. La entrada suministra energía al inductor.

Cuando el interruptor está apagado, la etapa de salida recibe energía tanto del inductor como de la entrada. (Mohan, Undeland, & Robbins, 2009)

En la figura 1 se muestra el diagrama de un convertidor cc-cc elevador de voltaje, para mayor entendimiento de la construcción y funcionamiento del mismo.



**Figura 1** Diagrama de un convertidor elevador

### Desarrollo

Se diseñó una estructura previa al armado como modelo 3D, una vez adquiridas las placas de cobre, el perfil de aluminio y el tubo de cobre, se cortaron estos y se armó el esqueleto de cobre que sirvió como soporte y sistema de conducción del calor por la parte de cobre y sistema de enfriamiento o disipación de la estructura final del prototipo en la parte de aluminio.

Una vez edificada la estructura se trabajó en la parte electrónica que se encargaría de la estabilización de la energía eléctrica generada, se realizó la prueba del funcionamiento de los convertidores cc-cc para elevar y mantener un voltaje fijo de salida, para ello se empleó una fuente de voltaje regulable en la que se verificó la multiplicación del mismo.

Se diseñó e implementó un sistema para recargar una batería en la que se mantuviera conservada la energía producida por las placas Seebeck y se acondicionó una salida para carga de celulares y otros dispositivos electrónicos por cable USB.

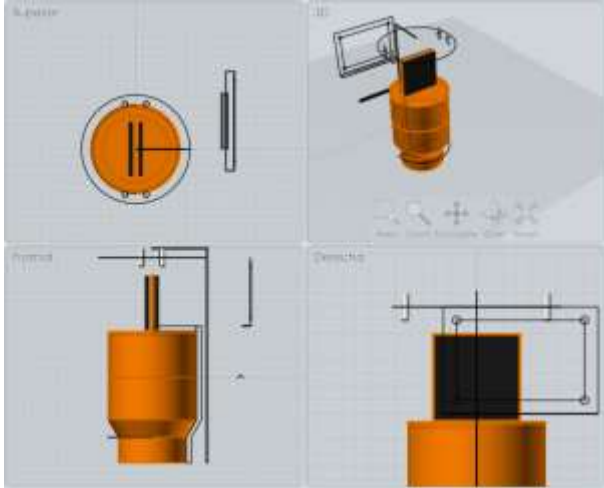
Una vez realizadas las pruebas de los sistemas por separado tanto como de generación, concentración, disipación de calor y el sistema de regulación y estabilización de voltaje se unieron todos en el montaje final para realizar la prueba de funcionamiento adecuado.

Se llegó a la mejor alternativa al momento de que se encontró una placa de semiconductores que trabajan mejor que los termopares comunes, esta placa llamada generador termoeléctrico trabaja con el principio de Seebeck aprovechando una diferencia de temperatura entre sus dos caras cerámicas generando una diferencia de potencial apegada a lo que se requería.



**Figura 2** Placa de efecto Seebeck

Se realizó un prototipo en 3D (figura 3) para una visualización a futuro del mismo.



**Figura 3** Diseño 3D del prototipo

Después de la realización del bosquejo en 3D y la búsqueda de material para la carcasa y esqueleto del prototipo se procedió a cotizar y solicitar el material (figura 4).



**Figura 4** Materiales usados en el esqueleto provisional

Como siguiente paso se llevó a cabo una prueba de la velocidad de conducción que tenía cada metal, el cobre resulto tener una conducción más rápida relativamente al aluminio como se muestra en la tabla 1 de conductividades térmicas de algunos metales.

Material	$k, W/m \cdot ^\circ C^*$
Diamante	2 300
Plata	429
Cobre	401
Oro	317
Aluminio	237
Hierro	80.2
Mercurio (l)	8.54
Vidrio	0.78
Ladrillo	0.72
Agua (l)	0.607
Piel humana	0.37
Madera (roble)	0.17
Helio (g)	0.152
Caucho suave	0.13
Fibra de vidrio	0.043
Aire (g)	0.026
Uretano, espuma rígida	0.026

**Tabla 1** Conductividades térmicas de algunos materiales

El cobre tiene una conductividad térmica casi del doble del aluminio por esta razón alcanza una temperatura alta en menor tiempo, el cobre alcanzo los  $250^\circ C$  en 3 minutos mientras que el aluminio alcanzo una temperatura de  $150^\circ C$  aproximadamente, por lo que éste se tomó para formar parte del esqueleto concentrador de calor y el aluminio para la parte del sistema de disipación.

Con la adquisición de las placas Seebeck se realizó una prueba de funcionamiento la cual consistió en colocar un reductor de cobre sobre el corte realizado a una base de metal, sobre la reducción de cobre se colocó la placa Seebeck y sobre esta se colocó un disipador de aluminio con un ventilador conectado a una fuente de voltaje variable establecida a 7 Volts el cual servía para dispersar el calor más rápidamente y conservar una temperatura baja en la cara fría de la placa Seebeck, en la parte de abajo y para calentar una de las caras de la placa Seebeck se utilizó una vela de parafina en un contenedor de aluminio (Figura 5).



Figura 5 Base de prueba

De esta forma se realizó la primera prueba conectando las terminales de la placa Seebeck a un multímetro para hacer visible el nivel de voltaje producido por esta como se muestra en la figura 6.



Figura 6 Prueba de placa Seebeck

Comparando los datos de su hoja técnica (ver Figura 7) con la producción real en la que hubo una diferencia de 0.6 volts.

Posteriormente se procedió a realizar las anotaciones y variaciones de la temperatura en cada una de las caras y el voltaje generado en la placa.

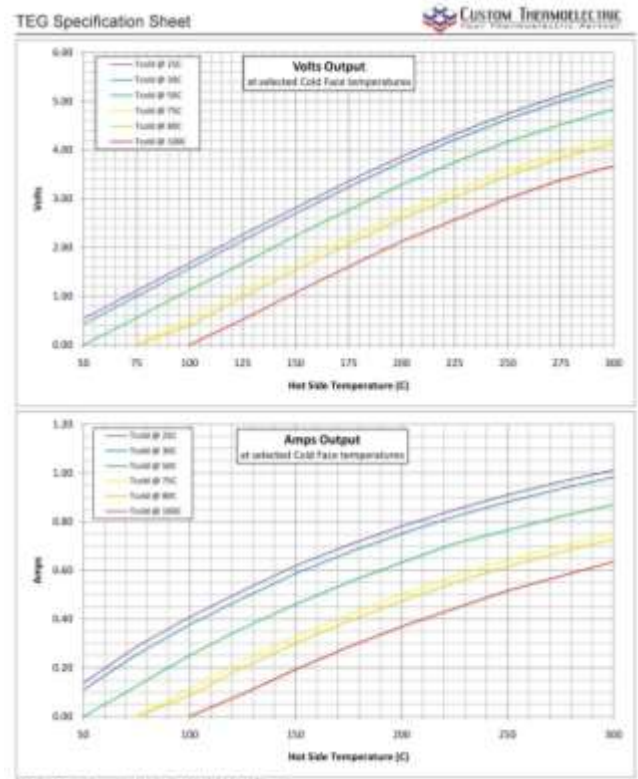


Figura 7 Hoja técnica de placas Seebeck

En las primeras pruebas en las que todo se montó provisionalmente, el máximo voltaje logrado fue de 1.4 V a una diferencia de temperaturas de 30°C aproximadamente, cuando el funcionamiento de acuerdo a la hoja de datos técnicos indicó que a una diferencia de temperatura de 200°C aproximadamente entre las dos caras, genera una salida constante de 5 V, esto se debe a los componentes de la placa son semiconductores los cuales al aplicarles una diferencia de temperatura generan una diferencia de potencial creando un flujo de electrones y mientras más diferencia de temperatura haya entre las dos caras, mayor es la producción de electrones que estas uniones de semiconductores generan.

Cuando la estructura estuvo conformada por completo se procedió al armado del sistema electrónico, el convertidor elevador fue la primer parte debido a que se requería mantener un voltaje alto y constante en la salida a pesar de que el valor de entrada o de generación fuera relativamente bajo. Se utilizó un sistema de regulación de voltaje aparte, el cual se encargó de regular la tensión a 5 volts para que fuera usado para la carga de celulares, tabletas u otros dispositivos electrónicos que requieran de una conexión de este tipo para su carga.



**Figura 8** Boost (elevador de voltaje)

Se usaron dos placas en serie para que estas sumaran su voltaje generado y se añadieron terminales para cualquier otro tipo de aplicación deseado o requerido por el usuario del prototipo, se anexo también una batería recargable para que no se pierda la energía y se pudiera tener una carga reservada para emergencias.

Una vez terminadas las pruebas de los dos sistemas tanto térmico como electrónico, se juntaron en el sistema final del prototipo para comenzar a caracterizar su comportamiento haciendo uso de una vela como combustible en la parte caliente y el cuerpo disipador como la parte fría.

## Resultados

El sistema diseñado logró alcanzar la potencia de 2 Watts y supero la expectativa que se tenía de lograr una potencia de 1Watt dando así una respuesta satisfactoria.

Se logró mantener una salida constante de 5 Volts en un puerto USB, a su vez (paralela a la salida de 5 V) se logró tener una salida independiente de 12 V para otros dispositivos que requiriesen de mayor carga.

## Conclusiones

Se logró diseñar un sistema funcional o prototipo que cumpliera las expectativas de la problemática planteada.

Se superó el nivel establecido de valores iniciales de salida en voltaje y potencia

## Referencias

Jiménez. (2004). *Ingenios solares*. Pamplona, España.: Pamiela.

Kasap (2001). *University of Saskatchewan*. Obtenido de <http://electronicmaterials.usask.ca/Samples/Thermoelectric-Seebeck.pdf>

Smith, & Hashemi. (2006). *Fundamentos de la ciencia e ingeniería de materiales*. México, D.F.: McGraw Hill

Mohan, Undeland, & Robbins. (2009). *Electrónica de potencia: convertidores, aplicaciones y diseño*. México, D.F.: McGraw Hill.

Alfredo, J. B., Carmen, G. T., & Gabriel, B. S. (2014). *Termodinámica*. México, D.F.: GRUPO EDITORIAL PATRIA, S.A. DE C.V.

Cengel, Y. A., & Ghajar, A. J. (2011). *TRANSFERENCIA DE CALOR Y MASA. Fundamentos y aplicaciones*. México, D.F: MCGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

Smith, & Hashemi. (2006). *Fundamentos de la ciencia e ingeniería de materiales* . México, D.F.: McGraw Hill .