

CONVERSIÓN DE ENERGÍA TÉRMICA EN ELÉCTRICA CON CELDAS DE EFECTO PELTIER

L. A. Odicino, D. Perelló, R. Ibañez,

Laboratorio de Energía Solar (LES) Universidad Nacional de San Luis (UNSL)

Chacabuco y Pedernera 5700 San Luis

Tel. 02652- Int 119- e-mail: dperello@unsl.edu.ar

RESUMEN: El desarrollo reciente de materiales semiconductores para celdas termoeléctricas y el aumento de la eficiencia de las mismas, indican que estas son plausibles de ser estudiadas como sistemas de conversión de energía solar a energía eléctrica. En este trabajo se estudió las denominadas celdas Peltier como fuente de energía eléctrica producidas por medio de la diferencia de temperatura generada por la radiación solar y el enfriamiento natural producido al ser expuestas a la atmosfera en las condiciones diarias de la misma. Se desarrolló una serie de experiencias de laboratorio simulando las condiciones de trabajo de una celda Peltier comercial, Se determinaron sus parámetros característicos y se hicieron estimaciones de rendimiento para operaciones de campo. Los resultados obtenidos indican que se esperan rendimientos bajos del orden del 3%

Palabras clave: energía solar, generación electricidad, Peltier, Seebeck.

INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente, el término *efecto termoeléctrico o termoelectricidad* abarca cuatro efectos identificados separadamente, el **efecto Seebeck**, el **efecto Peltier**, el **efecto Thomson** y el **efecto Joule**. El efecto termoeléctrico que nos interesa estudiar puede llamarse efecto **Peltier-Seebeck**. (EPS). Los efectos Peltier-Seebeck y Thomson pueden en principio ser termodinámicamente reversibles, mientras que el calentamiento Joule no lo es.

Concretamente, el **efecto Peltier** es que al conectar una fuente de corriente a un lazo formado por 2 conductores A y B, en una unión la corriente que va desde A hacia B es favorecida por el potencial de contacto, y en la otra, la corriente que va desde B hacia A debe vencer una barrera de energía debida al potencial de contacto opuesto. Por lo tanto, la corriente al atravesar las uniones, en una libera calor, y en la otra lo absorbe del medioambiente. Debido a que los metales tienen distribuciones electrónicas similares, los potenciales de contacto son muy bajos y, por consiguiente el bombeo de calor mediante el efecto *Peltier* entre metales es muy pequeño. Esta es la razón por la que no se utilizó este fenómeno en refrigeradores hasta la segunda mitad del Siglo XX. Con la invención del transistor y el desarrollo de la física del estado solido la situación cambia radicalmente. Se fabricaron semiconductores donde las distribuciones electrónicas se controlan artificialmente agregando impurezas. Según el elemento de la impureza, el material se convierte en un semiconductor **tipo-p** con potenciales sustancialmente mayor, o **tipo-n** con portadores negativos. El sentido de la corriente eléctrica determina cual de las dos juntas es el punto frío y cual el punto caliente. En la figura 1 se muestra un esquema básico del arreglo experimental para estudiar el EPS

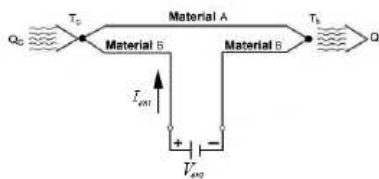


Figura 1 esquema básico para el estudio del efecto Seebeck-Peltier

En este esquema, una de las uniones entre el material A y el material B absorbe calor mientras que la otra lo cede; la fuente de tensión continua suministra la energía necesaria para llevar a cabo el proceso, en estas condiciones, la potencia que se absorbe por el circuito es:

$$P_{entregada} = i^2 R + i \Delta T \alpha_{AB} \quad (1)$$

Siendo P la potencia entregada por la fuente, i la corriente en amperes, ΔT la diferencia de temperatura absoluta entre el punto frío y el caliente y α_{AB} el coeficiente Seebeck.

Se debe considerar además que existe una conducción de calor entre el punto frío y el caliente. Este flujo de calor tiene la expresión:

$$Q = K \frac{A}{l} \Delta T \quad (2)$$

Donde K es la conductividad térmica del material estudiado, A el área de flujo de calor y l la longitud. Como es un trabajo interno no genera gasto de energía. En una celda real, para el cálculo de la conductividad térmica se debe considerar un elemento compuesto, luego tiene la expresión

$$K = \sum_{j=1}^n \frac{K_j A_j}{l_j} \quad (3)$$

Este flujo de calor entre la unión A y la B puede ponerse de la forma

$$\dot{Q} = J \pi_{AB} = J \Delta T_{AB} \alpha_{AB} \quad (4)$$

con J el flujo de corriente, π_{AB} coeficiente Peltier.

El desarrollo de materiales semiconductores y su accesibilidad, ha permitido que las celdas fotovoltaicas y las celdas EPS sean cada vez más utilizadas. En particular éstas son empleadas de forma masiva para producir tanto frío como calor en pequeños recintos, inclusive por los sistemas de salud de lugares sin energía eléctrica ya que con el uso baterías, éstas pueden mantener la cadena de frío para medicamentos, vacunas y alimentos.

Un esquema moderno de una celda termoeléctrica con varias juntas para incrementar el efecto se muestra a la izquierda de la figura 2 y a la derecha el de una celda en particular.

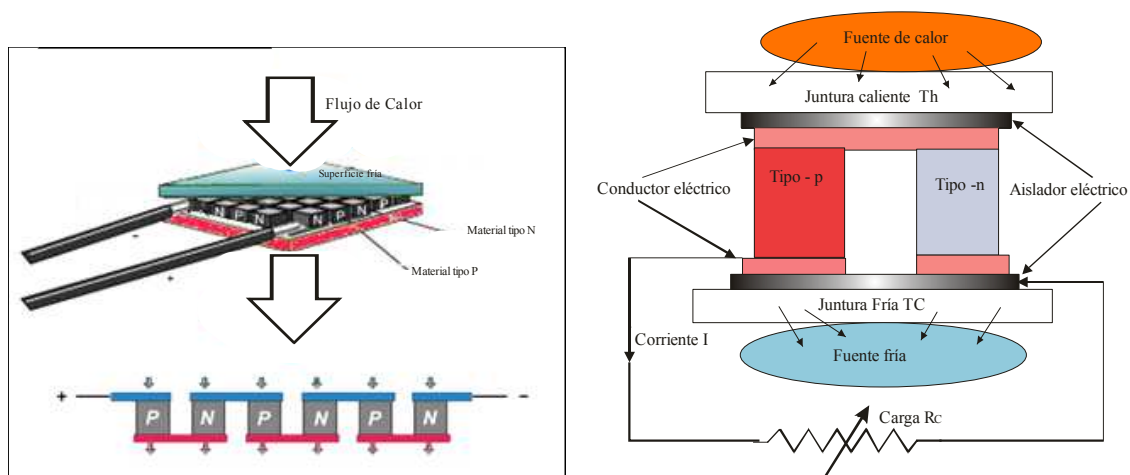


Figura 2. A la izquierda Esquema de celda con efectos Peltier-Seebeck, a la derecha esquema de una celda en particular

EXPERIENCIAS

En este trabajo se usó una celda comercial tipo y N° TEC – 12709 con una tensión máxima de trabajo de 15.2 V y una tensión nominal de trabajo de 12 V, una corriente máxima de 9 Amp. Y potencia máxima de 136.8 W. Con dimensiones 39 mm de lado por 4 mm de espesor. A ésta celda se le adosó, en ambos lados, superficies conductoras de calor de manera que el intercambio de energía sea lo mas efectivo posible.

Como primera etapa se realizaron experimentos de laboratorio destinados a caracterizar el comportamiento de la celda y la determinación de sus parámetros relevantes, el coeficiente Peltier-Seebeck especialmente. Para ello dentro de las superficies extendidas del intercambiador de calor, se adaptó un circuito de agua que permitía tanto enfriar como calentar las superficies en forma controlada por medio de una bomba de agua adosada a un termostatazador. Para distintas diferencias de temperatura se midió la tensión y corriente generada por la celda, tanto a circuito abierto como con una carga.



Figura 3. Celda con el sistema de refrigeración y calefactor. Las superficies de intercambiador son comerciales y vinieron con la celda.

Haciendo circular agua a distintas temperaturas y fijando, la temperatura de la superficie fría a un determinado valor, se midió la tensión que produce la celda a circuito abierto, éstos resultados se indican en gráficas sucesivas. Se puede apreciar que la celda, en el rango de temperatura estudiado tiene un comportamiento lineal, lo que permitió realizar aproximaciones de linealidad en las consideraciones del coeficiente Peltier-Seebeck buscado



Figura 4 muestran el arreglo experimental usado para determinar el coeficiente peltier-Seebeck

Las figuras 3 y 4 muestran el montaje experimental armado. Las gráficas que muestran el comportamiento de la celda se muestran en las figuras 5 y 6. La figura 5 es el comportamiento de la celda a circuito abierto, donde la pendiente de la curva es el coeficiente buscado. La figura 6 muestra el comportamiento de la celda a circuito cerrado. Debido a la resistencia interna de la misma existe una diferencia en el valor del coeficiente de la EPS-

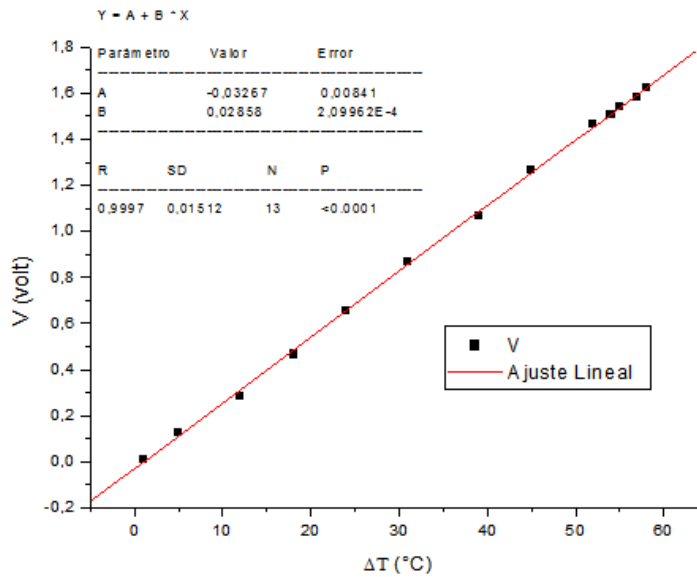


Figura 5. Gráfica de voltaje producido por la celda a circuito abierto, La diferencia de temperatura es entre las caras de la celda donde las superficies se aislaron y una de ellas se refrigera de manera de tener esta a temperatura constante

Se realizaron algunas estimaciones previas de lo esperado para una celda EPS expuesta a la radiación solar. Una superficie ubicada a la radiación solar alcanza su máximo de temperatura cuando la temperatura de la superficie irradiada alcanza el equilibrio, esto es cuando no cambia en el tiempo. Se debe decir que ésta es una estimación, ya que la fuente de calor cambia continuamente con el tiempo. No obstante, trabajando al mediodía solar se puede realizar la aproximación de que, en un periodo de tiempo apreciable la radiación es constante y la superficie irradiada alcanza su equilibrio. En estas condiciones se cumple que la ganancia de calor es igual a la pérdida del mismo; suponiendo además que la transferencia importante de calor se hace por convección, ya que por radiación y conducción se pueden desestimar en esta aproximación. Tenemos que una placa, así expuesta, alcanza temperaturas del orden de los 60 a 80 grados con radiaciones del orden de los 400 a 600 watt/m². Luego debemos esperar tensiones del orden de 2 volts por celda, o bien potencias comprendidas alrededor de los 0,030 watt por celda.

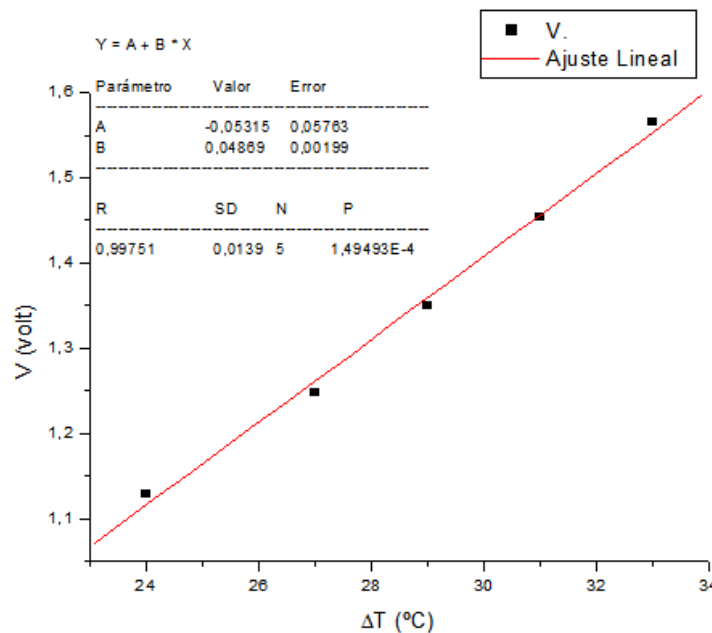


Figura 6. Gráfica del voltaje generado por la celda en las mismas condiciones anteriores, pero se ha dejado fluctuar la temperatura de la celda que en el caso anterior se mantenía refrigerada. Esto permite calcular la conductividad térmica de la celda en forma global

Teniendo en cuenta la radiación solar a la cual se ha estimado que alcanza la diferencia de temperatura y la potencia estimada para éstas, se calcula que la eficiencia de la celda se ubica alrededor del 3%. Si la celda es colocada en un recinto cerrado que

impida o minimice las pérdidas térmica, ésta diferencia de temperatura podría ser incrementada y, por lo tanto, la eficiencia de la celda. Ésta es una tarea por cumplir.

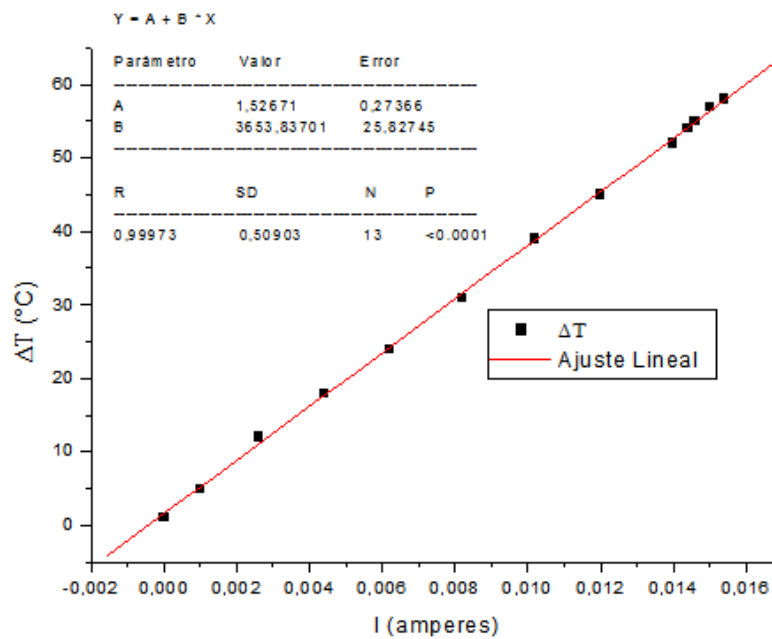


Figura 7. Corriente eléctrica generada por la celda para distintas diferencia de temperaturas

Usando una resistencia calibrada se midió la corriente eléctrica producida por la celda para las distintas diferencias de temperaturas, esta gráfica se indica en la figura 7.

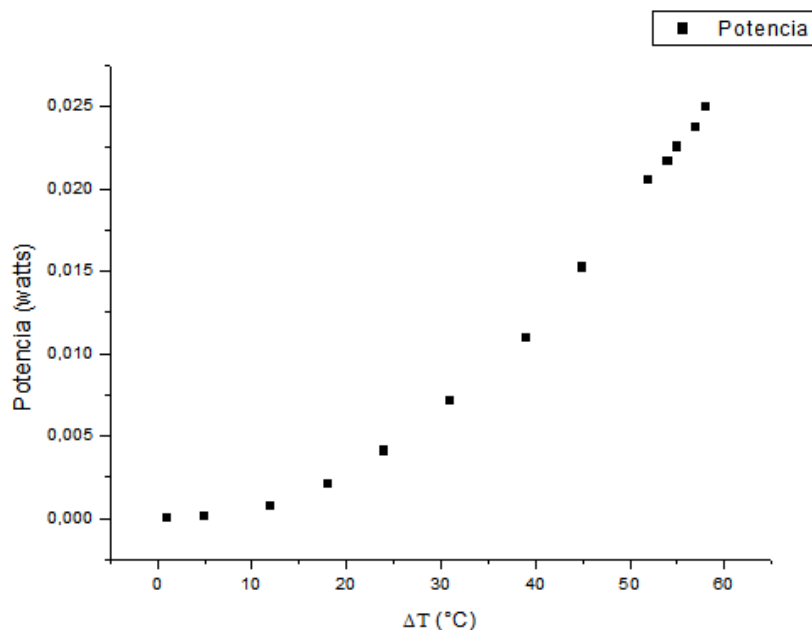


Figura 8. Gráfica de la potencia eléctrica generada por la celda para las diferencias de temperaturas medidas

Se calculó la potencia eléctrica entregada por la celda para los mismos rangos de diferencias de temperaturas. Estos resultados se indican en la Figura 8

CONCLUSIONES

Las eficiencias encontradas para la operación de la celda es algo baja para las diferencias de temperaturas medidas, ésta eficiencia puede ser incrementada si la perdidas de calor son minimizadas.

Las celdas tienen una resistencia eléctrica interna que cambia con la temperatura, éste hecho debe ser estudiado con mayor cuidado ya que afecta la transferencia de potencia a la carga

La celda tiene un comportamiento lineal para un amplio rango de temperaturas, lo cual facilita los cálculos.

Es factible el uso de la celda en operación normal, es decir, para generar diferencias de temperaturas. En ese caso la energía eléctrica debe ser suministrada por otros métodos. Los dos más factibles son la electricidad de origen eólico y la electricidad proveniente de paneles fotovoltaicos.

Dada la baja eficiencia estimada para las celdas debe ser necesario aumentar el rango de temperatura de trabajo, lo cual conduce a sistemas de concentración de radiación solar.

BIBLIOGRAFÍA

Yamashita O. Odahara H. Satou K. (2007) Energy conversion efficiency of a thermoelectric generator under the periodically alternating temperature gradients. *Journal of Applied Physics* 101, 023704

Singh R. Tundee S. Akbarzadeh A. (2011) Electric power generation from solar pond using combined thermosyphon and thermoelectric modules. *Solar Energy* 85 371–378

Huang L. Wang W. y Murphy M. C. (1999). Peltier-effect module for highly localized temperature manipulations. *Review of Scientific Instruments* Vol. 70 N° 11

Zemansky M. W. *Calor y Termodinámica* pp 417 -429 Editorial Aguilar

ABSTRACT

The recent development of semiconductor materials for thermoelectric cells and increase their efficiency, indicate that these are plausible to be studied as systems for converting solar energy to electricity. We study the so-called Peltier cells as a source of electrical energy produced by the temperature difference generated by solar radiation and natural cooling produced when exposed to the atmosphere in the daily conditions of the same. We developed a series of laboratory experience working conditions simulating a commercial Peltier cell, we determined its characteristic parameters and make yield estimates for field operations. The results indicate that low yields are expected in the order 3%

Keywords: solar energy, electricity generation, Peltier, Seebeck.