

## Determinación de la resistencia eléctrica interna de una celda Peltier comercial

SOBERANES-FLORES, Gonzalo\*†

*Universidad Politécnica del Valle de Évora, Carretera 500 S/N, 81670 Leopoldo Sánchez Celis,*

Recibido 11 de Octubre, 2017; Aceptado 14 de Diciembre, 2017

### Resumen

El objetivo del presente trabajo es mostrar un procedimiento sencillo y fácil de aplicar, para determinar la resistencia interna de una celda Peltier comercial, y al mismo tiempo, se determina cómo esta resistencia se ve afectada por el cambio de temperatura de dicha celda. La resistencia interna junto con el coeficiente de Seebeck son los parámetros básicos para conocer el comportamiento de una celda Peltier y poderla utilizar en desarrollo de cualquier proyecto. Para obtener la resistencia interna se utiliza la celda Peltier Modelo TEC-112715 con un disipador de calor en cada lado, se determina el valor del coeficiente de Seebeck, se realizan mediciones de temperatura en ambos lados de la celda por medio de termopares, se toman mediciones de voltaje en las terminales de la celda y al aplicar el procedimiento indicado en este artículo, se obtiene el valor de la resistencia eléctrica interna como una función lineal de la temperatura de la celda.

**Celda Peltier, coeficiente de Seebeck, resistencia eléctrica, enfriador termoelectrico, TEC**

### Abstract

The objective of the present paper is to show a simple and easy to apply procedure to determine the internal resistance of a commercial Peltier cell and at the same time, it is determined how this resistance is affected by the temperature change of said cell. The internal resistance together with the Seebeck coefficient are the basic parameters to know the behavior of a Peltier cell and to be able to use it in any project development. To obtain the internal resistance, the Peltier cell Model TEC-112715 is used with a heat sink on each side, the value of the Seebeck coefficient is determined, temperature measurements are made on both sides of the cell by means of thermocouples, voltage measurements are taken at the terminals of the cell and by applying the procedure indicated in this article, the internal electrical resistance value is obtained as a linear function of the cell temperature.

**Peltier cell, Seebeck coefficient, electrical resistance, thermoelectric cooler, TEC**

**Citación:** SOBERANES-FLORES, Gonzalo. Determinación de la resistencia eléctrica interna de una celda Peltier comercial. Revista de la Invención Técnica 2017. 1-4:56-62

\*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: Fernando.lopez@utna.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor

## Introducción

Al realizar el diseño de un equipo electrónico donde se requiera el control de la temperatura, puede ser muy conveniente utilizar una celda Peltier o enfriador termoeléctrico (TEC), ya que estos ofrecen algunas ventajas comparados con los equipos con compresor, como el hecho de que, al no tener partes móviles, son libres de ruido y de vibraciones, generalmente son más pequeños y livianos, además de ofrecer mejor control, fiabilidad y precisión (Abdollahpour Maryam, 2014). Sin embargo, es muy importante conocer el comportamiento exacto de la celda Peltier antes de utilizarlas en algún diseño. Para esto necesitamos saber el valor del coeficiente de Seebeck y de la resistencia eléctrica interna de la celda.

## Justificación

Algunos fabricantes no proporcionan los valores de coeficiente de Seebeck ni de resistencia eléctrica interna de la celda Peltier y los fabricantes que sí los proporcionan, publican solo valores aproximados, por lo tanto, es importante tener un método para determinar estos valores.

## Problema

Los métodos utilizados para determinar el coeficiente de Seebeck y la Resistencia eléctrica de la celda Peltier requieren de armar complicados arreglos experimentales para mantener los lados de la celda en ciertos valores constantes de temperatura (Yamaguchi et al. 1997). Por lo tanto, se necesita un método que sea práctico y fácil de aplicar, sin necesidad de armar un complicado arreglo experimental.

## Hipótesis

Es posible utilizar la diferencia de temperatura que se forma entre las caras de la celda Pelier al paso de una corriente eléctrica, para determinar sus parámetros básicos, como coeficiente de Seebeck (Soberanes F. 2017) y la resistencia eléctrica interna de la celda.

## Objetivos

### Objetivo General

Presentar un procedimiento práctico para determinar la resistencia eléctrica interna en una celda Peltier comercial.

### Objetivos específicos

- Mostrar la aplicación práctica de un método en el cuál se utiliza la diferencia de temperatura que se crea entre las caras de una celda Peltier al hacer pasar una corriente eléctrica, para determinar la resistencia eléctrica de dicha celda.
- Exponer cómo la resistencia eléctrica de la celda Peltier se ve afectada por la temperatura a la cual se encuentra la celda.

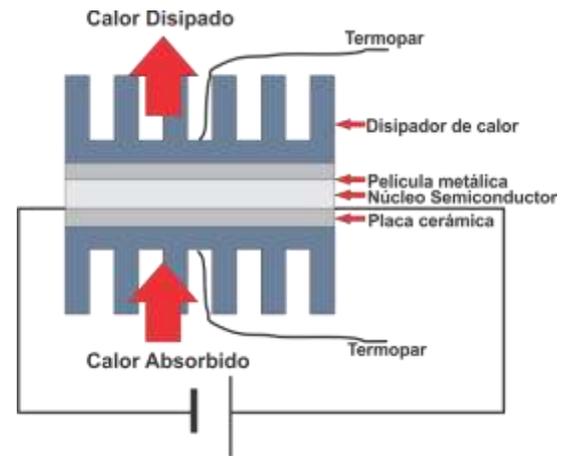
## Marco Teórico

Una celda Peltier o enfriador termoeléctrico (TEC), es un componente electrónico basado en semiconductor que al aplicarle un voltaje de corriente directa trabaja como una pequeña bomba de calor (Tauc Jan, 1962). Esta bomba moverá el calor a través de la celda de un lado al otro, por lo tanto, uno de sus lados se enfriará mientras el otro se calentará simultáneamente.

Hay cinco principales procesos físicos que toman lugar en el funcionamiento de una celda Peltier: la *Convección térmica* que es determinada por la conductividad térmica y la geometría de los elementos de la celda, el *efecto Joule* que es el proceso de disipación de calor en los elementos resistivos, el *efecto Peltier* que es el fenómeno de absorción (o disipación) de calor en la unión de dos materiales diferentes, cuando una corriente eléctrica fluye a través de esta unión, el *efecto Seebeck* que es un proceso por el cual el calentamiento (o enfriamiento) en la unión de dos materiales diferentes genera un potencial eléctrico en dicha unión y en menor medida el *fenómeno Thompson* que es descrito por el coeficiente Thompson (Lineykin y Yaakov, 2005).

### Procedimiento experimental

Para tomar las mediciones presentadas en este trabajo, se utilizó un arreglo como el mostrado en el diagrama de la figura 1. Se utilizó la celda Peltier comercial Modelo TEC-112715, se le colocó un disipador de calor a cada lado de la celda y para tomar la temperatura en ambos lados de la celda, en cada disipador se colocó un termopar lo más cerca posible del centro de la celda y se aplicó pasta térmica para una mejor conducción del calor, además se colocó un voltímetro en las terminales de la celda para realizar mediciones de voltaje y se utilizó una fuente para alimentar con corriente directa la celda.



**Figura 1** Arreglo de celda Peltier con disipadores de calor, termopares y fuente de voltaje.

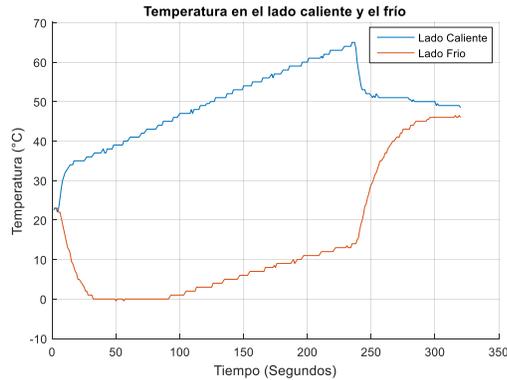
Fuente: Soberanes Flores, 2017.

### Datos Experimentales

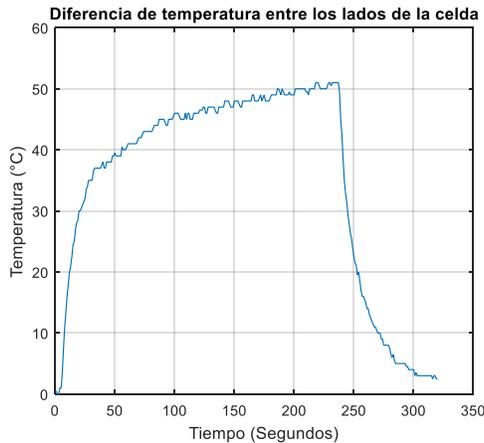
Se toman mediciones de temperatura en ambos lados de la celda y mediciones de voltaje en sus terminales cada segundo. La fuente se ajusta para que proporcione 5.0 Amperes, se enciende a los 5 segundos de haber iniciado las mediciones y se apaga a los 237 segundos, pero las mediciones se continúan hasta los 320 segundos.

Con los datos tomados, mediante el uso del software MATLAB, se obtiene la gráfica de la Figura 2, donde se muestra la temperatura en el lado caliente y frío de la celda. Se puede observar que al encender la fuente rápidamente se produce una diferencia entre los valores de temperatura de los lados de la celda y al apagar la fuente esta diferencia tiende a desaparecer. En la Figura 3 podemos ver con más detalle esta diferencia de temperatura ( $\Delta T$ ) obtenida como la diferencia de la temperatura en el lado caliente y en el lado frío de la celda.

$$\Delta T = T_{\text{ladoCaliente}} - T_{\text{ladoFrio}} \quad (1)$$



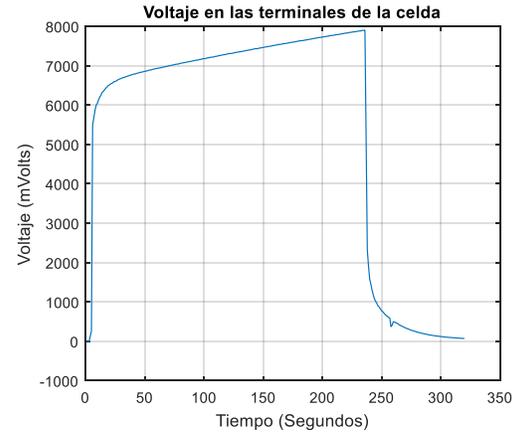
**Figura 2** Temperaturas medidas en ambos lados de la celda.



**Figura 3** Diferencia de temperatura entre el lado caliente y frío de la celda ( $\Delta T$ ).

Los datos del voltaje medido en las terminales de la celda Peltier se muestran en la Figura 4. Aquí podemos resaltar dos hechos:

- Cuando la fuente está encendida se observa un claro aumento en el voltaje. Recordando que la fuente está ajustada a 5.0 Amperes.
- Al apagar la fuente se mantiene un voltaje en las terminales de la celda, el cual va disminuyendo lentamente.



**Figura 4** Voltaje medido en las terminales de la celda ( $U_t$ ).

El voltaje que se observa en las terminales de la celda al apagar la fuente se debe al efecto de Seebeck, el cual se produce al existir una diferencia entre la temperatura de ambos lados de la celda y podemos ver como este efecto disminuye al disminuir esta diferencia en los valores de temperatura. Mientras que el aumento en el voltaje cuando la fuente está encendida se debe tanto al efecto de Seebeck como al cambio de la resistencia interna de la celda, la cual se ve afectada por la temperatura de la celda.

### Desarrollo del Método

El voltaje medido en las terminales de la celda ( $U_t$ ), cuando la fuente está encendida, es la suma del voltaje proporcionado por la fuente ( $U_f$ ) y el voltaje producido por el efecto de Seebeck ( $U$ ).

$$U_t = U + U_f \quad (2)$$

Para determinar la resistencia interna de la celda ( $R_{int}$ ) se aplicará la ley de Ohm:

$$R_{int} = U_f / I_f \quad (3)$$

Donde  $I_f$  es la corriente eléctrica proporcionada por la fuente (5.0 A).

Pero antes se debe separar el voltaje de la fuente del voltaje de Seebeck. Para esto primero obtenemos el coeficiente de Seebeck ( $\alpha$ ). Utilizando el método presentado en Soberanes Flores (Soberanes F., 2017), se obtiene  $\alpha = 34.0 \text{ mV}/^\circ\text{K}$ , y como el voltaje por efecto Seebeck esta dado como

$$U = \alpha \Delta T \tag{4}$$

Donde  $\alpha$  es una constante y  $\Delta T$  se tiene de la Figura 3, por lo tanto, se obtiene para el voltaje por efecto Seebeck ( $U$ ), la gráfica mostrada en la Figura 5

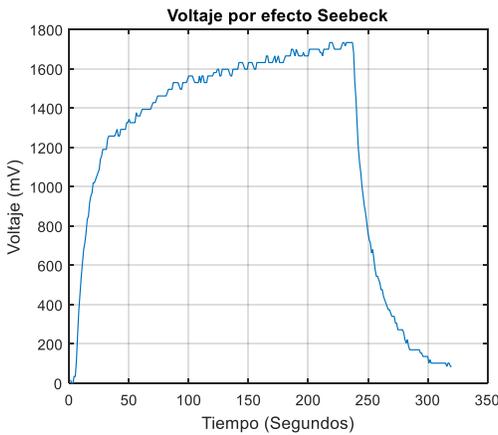


Figura 5 Voltaje producido por efecto Seebeck en las terminales de la celda(U).

Ahora quitando del voltaje medido en las terminales de la celda ( $U_t$ , Figura 4) el voltaje producido por efecto Seebeck ( $U$ , Figura 5), se obtiene el voltaje proporcionado por la fuente ( $U_f$ ), mostrado en la Figura 6.

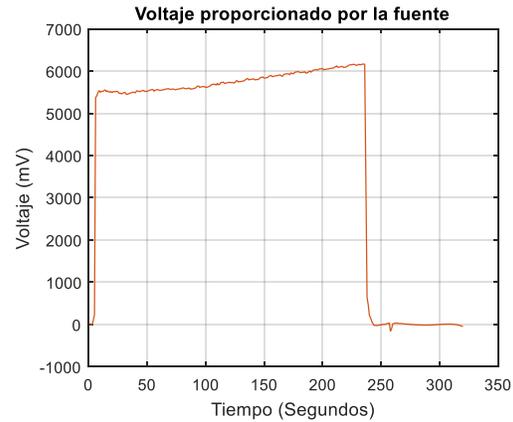


Figura 6 Voltaje proporcionado por la fuente a la celda Peltier( $U_f$ ).

Ahora, aplicando la ecuación (3) a los valores mostrados en la Figura 6, pero solo a aquellos obtenidos cuando la fuente está encendida, se obtiene la resistencia interna de la celda ( $R_{int}$ ), como se muestra en la figura 7.

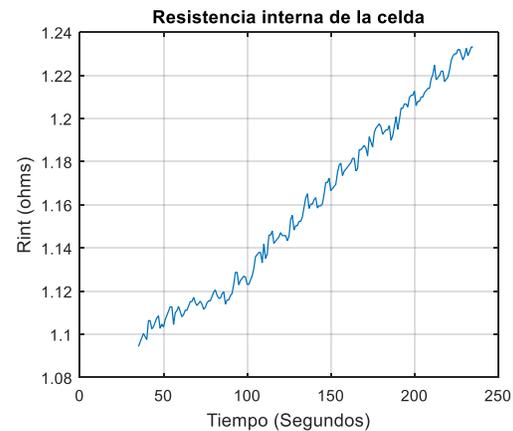


Figura 7 Resistencia interna de la celda Peltier( $R_{int}$ ).

En la Figura 7 se observa que la resistencia eléctrica de la celda Peltier no presenta un valor constante, sino que se ve un incremento de este. Para explicar este efecto, se plantea que se debe al aumento en la temperatura de la celda, y para mostrarlo, se toma como la temperatura de la celda, su temperatura promedio, debido a que los lados de la celda tienen diferente valor de temperatura.

$$T_{prom} = (T_{lodoCaliente} + T_{lodoFrio})/2 \tag{5}$$

Aplicando la ecuación (5) se obtiene la gráfica de la Figura 8, y al compararla con la gráfica de la Figura 7, se puede observar una gran similitud, lo cual indica que, al aumentar la temperatura de la celda, provoca un aumento en la resistencia eléctrica de esta.

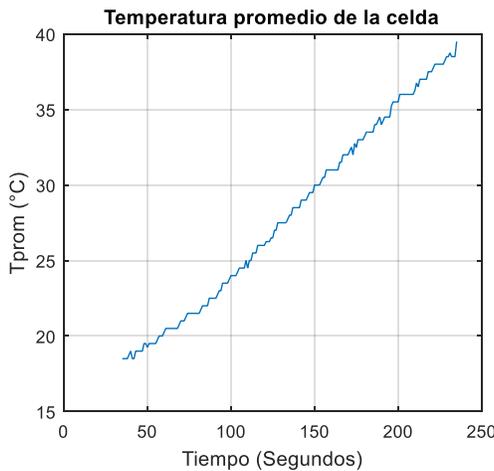


Figura 8 Temperatura promedio de la celda Peltier(Tprom).

Para conocer en qué proporción la temperatura de la celda afecta su resistencia eléctrica, se realiza una gráfica de la resistencia eléctrica interna (Rint) contra la temperatura de la celda (Tprom), obteniéndose la gráfica de la Figura 9.

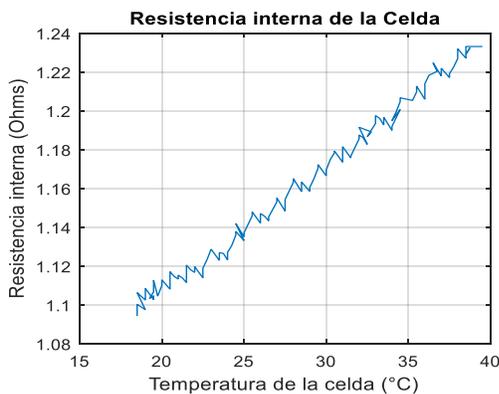


Figura 9 Resistencia eléctrica interna con respecto a la temperatura.

Con esta gráfica se muestra que la Celda Peltier bajo consideración, presenta un coeficiente positivo de temperatura y por lo tanto su resistencia puede estar representada por una ecuación de la forma:

$$R_{int} = A + B * T_{prom} \tag{6}$$

Donde A (Ω) y B (Ω/°C) son las constantes de la ecuación lineal.

Resultados

Las constantes A y B de la ecuación (6), se obtienen rápidamente realizando un ajuste de la gráfica que se presenta en la Figura 9, mediante un polinomio de grado 1, utilizando la herramienta de MATLAB, como se muestra en la Figura 10.

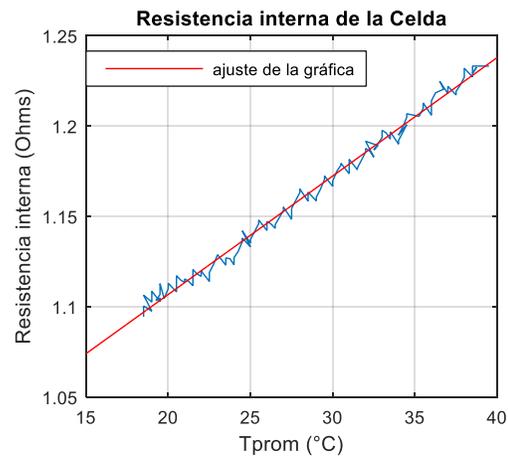


Figura 10 Ajuste mediante polinomio grado1 de la resistencia interna con respecto a la temperatura.

De este ajuste se obtienen los siguientes valores:

$$A = 0.9756 \Omega \text{ y } B = 0.0066 \Omega/^\circ\text{C}$$

Sustituyendolos en la ecuación (6) tenemos:

$$R_{int} = 0.9756 + (0.0066 * T_{prom}) \tag{7}$$

## Conclusiones

En este artículo se presentó un método y su aplicación práctica para determinar la resistencia eléctrica de una celda Peltier comercial, utilizando para ello la diferencia de temperatura que se forma entre sus lados al hacer pasar una corriente eléctrica a través de la celda. Se mostró cómo la resistencia eléctrica de la celda Peltier se ve afectada por la temperatura a la cual se encuentra la celda. Se determinó que la resistencia eléctrica de la celda presenta un coeficiente positivo de temperatura y se obtuvieron las constantes de la ecuación lineal que caracteriza su resistencia eléctrica.

## Agradecimientos

El autor agradece a la Universidad Politécnica del Valle del Évora, por la ayuda otorgada a través de algunos de sus programas de apoyo presupuestal.

## Referencias

Abdollahpour, Maryam. “*Design of an Experiment to Calibrate a Peltier Element and Measuring Thermal Conductivity*”, Tesis de Maestría, 2014, Eastern Mediterranean University, Famagusta, Norte de Chipre.

S. Yamaguchi, H. Nakamura, K. Ikeda, T. Sakurai, I. Yoshida, S. Tanuma, S. Tobise, K. Koumoto, H. Okumura. “*Peltier current lead experiments with a thermoelectric semiconductor near 77 K*”, XVI International Conference on Thermoelectrics, 1997. Pag. 1-4.

Soberanes Flores G. “*Determinación del coeficiente de seebeck en una celda peltier comercial*”, Memorias del Congreso Internacional de Investigación Academia Journals Fresnillo 2017, Febrero 2017. Pag. 1691-1694.

Tauc, J. “*Photo and Thermoelectric effects in semiconductors*”, Pergamon Press, New York-Oxford-London-Paris, 1962.

Lineykin, S. y Ben-Yaakov, S. “*Modeling and Analysis of Thermoelectric Modules*”, IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 43, No. 2, Marzo-Abril 2007. Pag. 505 – 512.