

# **EVALUACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE SISTEMAS TERMoeLECTRICOS TEG**

**Andrés Felipe Forero Moreno**

Universidad Santo Tomás, Bogotá, Colombia, andresforerom@usantotomas.edu.co

**Ivonne Liseth Pinzón Alba**

Universidad Santo Tomás, Bogotá, Colombia, ivonnepinzon@usantotomas.edu.co

**Julian Camilo Espinosa Villamizar**

Universidad Santo Tomás, Bogotá, Colombia, julian.espinosa@usantotomas.edu.co

**Juan Sebastian Althviz Bernal**

Universidad Santo Tomás, Bogotá, Colombia, juanalthviz@usantotomas.edu.co

**Faculty Mentor:**

**Edwin Francisco Forero García**

Universidad Santo Tomás, Bogotá, Colombia, edwinforero@usantotomas.edu.co

## **ABSTRACT**

This article contains theoretical and practical information, proposed by the research group Energy Efficiency of Santo Tomas University about TEG thermoelectric modules, in order to understand their operation, each of their characteristics and how it works. In fact, the group continue in a research process that leads larger applications for the future, in addition, it is important to emphasize about the laws and mechanisms governing the operation of these modules and establishing their importance in each one of the fields.

The heat-generating are a path to environmental conservation and future forms of energy, is the ideal for the urban sector to the rural, however this form of energy is quite expensive referring to the current energy transformation. Actually Exists with the heat-generating a viable way of generating energy and in turn saves energy, which is an important factor at this time because they are running out of natural resources because of man. Thus the thermal generators are a way to help the environment and that man realizes the importance of this.

**Keywords:** Thermogenerator, Thermoelectric, energy

## **RESUMEN**

El presente artículo, contiene información del trabajo teórico – práctico, realizado por el grupo de investigación de Eficiencia Energética de la Universidad Santo Tomas, con respecto a módulos termoeléctricos TEG, con el fin de comprender su funcionamiento, cada una de sus características y su modo de trabajar, para que así el grupo pueda seguir en un proceso investigativo que se esta llevando a cabo, pretendiendo lograr aplicaciones más grandes en un futuro.

Los termogeneradores son un camino a la conservación del medio ambiente y futuras formas de energía, es ideal tanto para el sector urbano como para el rural, sin embargo esta forma de energía es bastante costosa referida a la transformación de energía actual .Con los termogeneradores existe una forma más viable de generar energía y a su vez permite ahorrar energía, lo cual es un factor importante en esta época debido a que se están acabando los recursos naturales por culpa del hombre. Por consiguiente los termo generadores son una forma de cuidar el medio ambiente y de que el hombre se dé cuenta de la importancia de este.

**Palabras claves:** Termogeneradores, Termoelectricidad, energía

## 1. INTRODUCCION

Analizando a través de la historia, se ha visto a grandes científicos como Thomas Seebeck, (quien fue el primero en observar tal efecto) y Jean Charles Athanase Peltier (quien observo el efecto calórico al trabajar con corrientes que pasaban a través de un circuito, notando como en las uniones superiores e inferiores, existía una diferencia de temperatura).

Un módulo termoelectrico o también llamado refrigerador Peltier es un componente electrónico construido a partir de semiconductores, que opera como un dispositivo que permite manipular la temperatura en sus dos caras, una fria y otra caliente.

Aplicándole una tensión DC adecuada, el calor será movido a través del módulo de un lado al otro, es decir, una cara del módulo será enfriada mientras que la otra incrementará su temperatura simultáneamente. Lo interesante es destacar que este fenómeno es reversible, pues colocando un diferencial de temperatura en las caras del dispositivo es posible obtener en sus terminales un diferencial de tensión; además si se conecta una carga en sus terminales circulará una corriente eléctrica proporcional a la impedancia y al diferencial de tensión generado.

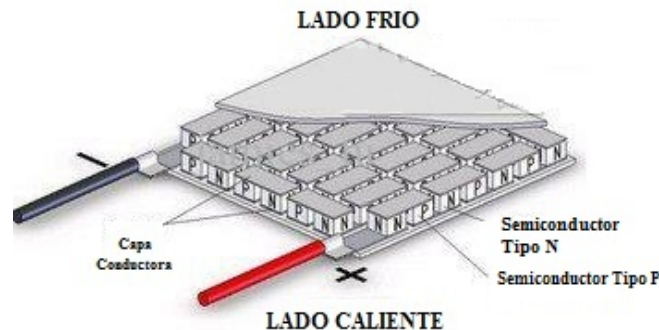
En el presente trabajo se encuentra una descripción teorica del fenomeno termoelectrico, recurriendo a los principios descubiertos y descritos por Seebeck, Peltier y Thomson, además, se incluye una breve presentación de las ventajas y deventajas de los dispositivos termoelectricos y sus aplicaciones, seguido a ello, se muestra una experiencia práctica de caracterización con relacion a los potenciales de generación de energía eléctrica del módulo, con el fin de ser utilizados a futuro como una tecnología emergente de generación, transformación y aprovechamiento de energía electrica.

## 2. MARCO TEÓRICO DE REFERENCIA

### 2.1 MÓDULO TERMOELÉCTRICO (TEG):

Básicamente un módulo de este tipo está basado en el efecto termoelectrico, el cual consiste en lograr convertir energia calorica en energia electrica. El dispositivo solido utilizado para esto es de alta fiabilidad en los suministros de energía termoelectrica, tanto es así, que permite ser utilizado en misiones espaciales donde la energía solar no está disponible o al alcance para su aprovechamiento.

A continuación se presenta gráficamente el modulo sobre el cual se está haciendo el estudio investigativo.

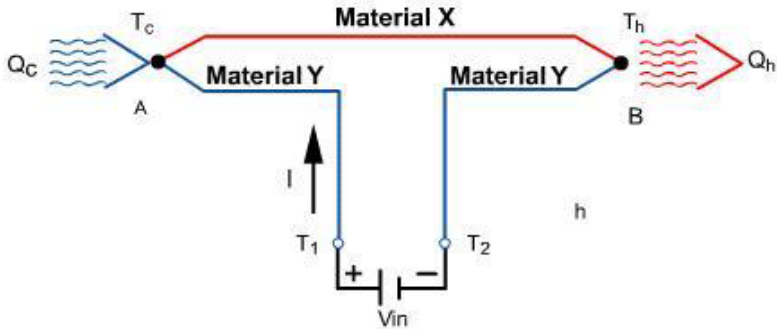


**Figura 1: Módulos Termoelectricos o Refrigerador Peltier.**

Fuente: <http://www.microwaves101.com>

### 2.2 GENERADOR TERMOELÉCTRICO

En el año de 1834, un relojero y científico aficionado proveniente de francia llamado Jean Peltier descubrió que al paso de una corriente eléctrica ( $I$ ), a través de un empalme ( $A$ ) de dos conductores similares ( $X$ ) y ( $Y$ ) por una determinada trayectoria, produce un enfriamiento ( $T_c$ ) y de manera contraria al efecto Joule, un calentamiento ( $T_h$ ), siendo este producido, por la corriente que pasa por el empalme  $B$ , tal como se puede observar en la siguiente figura.



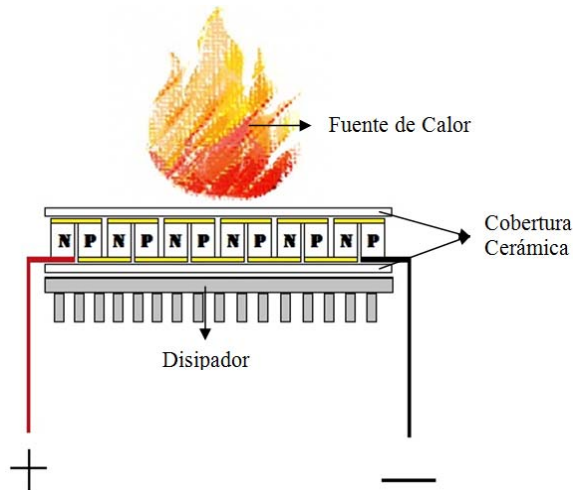
**Figura 2: Fenómeno Visto Por Jean Peltier**

Fuente: <http://www.ferrotec.com.cn>

Profundizando en su funcionamiento, el efecto anteriormente descrito se hace presente al momento de calentar la unión entre dos materiales distintos, con ello se logra una diferencia de potencial en los extremos no afectados por la temperatura, y fue con base a este experimento, que tiempo después Jean Peltier logro descubrir el efecto de circulación de la corriente.

Por otro lado, Lord Kelvin fue el encargado de relacionar los dos enunciados anteriores, en uno nuevo, indicando que la corriente circula en dirección de un gradiente térmico por un conductor homogéneo (llamado a esto efecto calefactor o refrigerante lateral).

A continuación se presenta de manera grafica como se produce este fenómeno:



**Figura 3 Efecto Peltier de Manera Grafica**

Fuente: Autor

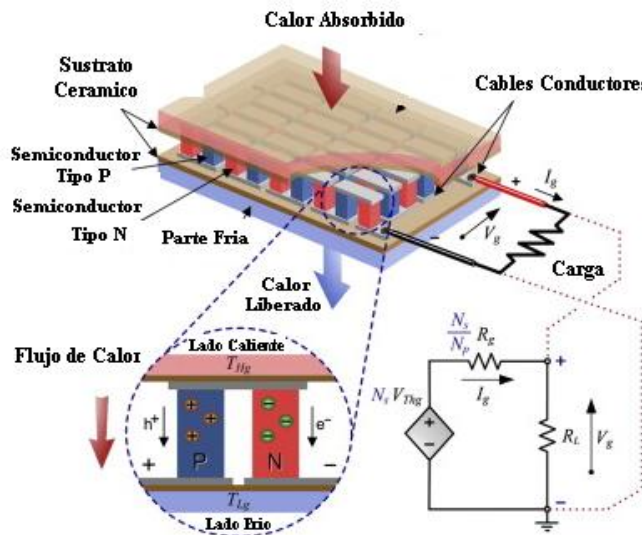
En general, los generadores termoeléctricos son la base para el desarrollo y el impulso de aplicaciones muy específicas, mientras que otros derivados de la misma tecnología, como las termocuplas de seguridad, se emplean masivamente. Dada su simplicidad, se usan también módulos termoeléctricos de efecto Peltier para aplicaciones de refrigeración y control de temperatura de baja capacidad.

Habiendo visto el principio físico en el cual se basa un módulo termoeléctrico, el siguiente paso es estudiar el principio de funcionamiento del mismo, para entrar en un contexto más específico que faciliten las posteriores explicaciones de la realización de la práctica.

### 2.3 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

Tal como se menciona anteriormente, la función principal de un generador termoeléctrico, consiste en realizar la conversión de manera directa de energía calorífica a energía eléctrica, en donde el calor es el encargado de inducir la circulación de una corriente eléctrica desde alguna fuente que lo genere, sin importar el método de combustión, por medio del módulo termoeléctrico.

Para lograr la generación de electricidad por medio del efecto termoeléctrico, se requieren como factores indispensables un módulo termoeléctrico y una diferencia de temperatura entre ambas caras de dicho modulo, sin importar, que de manera general estos dispositivos son generadores de tensiones muy bajas, encontrándose estas alrededor del orden de milivoltios (mV), pero que a su vez se caracterizan por poseer buenas capacidades de corriente.



**Figura 4: Funcionamiento De Un Termogenerador**

Fuente: <http://www.sciencedirect.com>

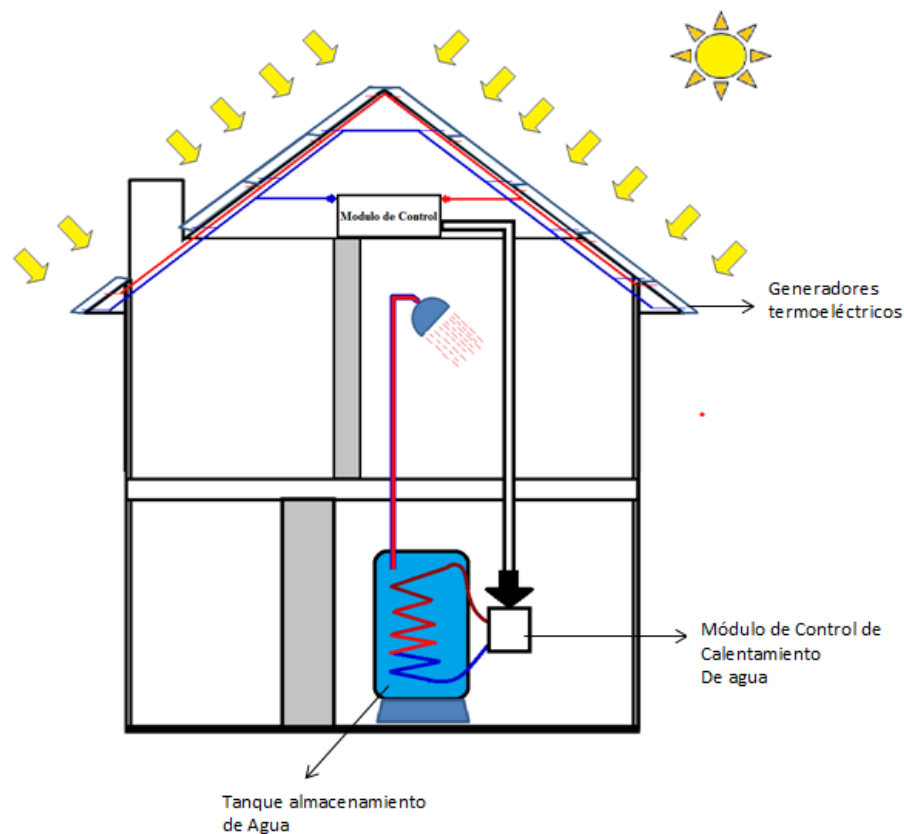
En la gráfica anterior se puede observar como el foco de calor hace que el elemento se polarice, de tal forma que se crea una unión tipo P y otra Tipo N, por ende se crea un flujo de electrones, que a su vez produce finalmente un flujo de corriente, tal como lo muestra la gráfica anterior, requiriendo los siguientes elementos si se desea obtener dicho resultado:

- **Fuente Caliente:** Quemador o calefactor que en la mayoría de los casos es a gas, pero que en general se puede utilizar cualquier tipo de fuente que proporcione tal forma de energía.
- **Dispositivo De Conversión De Energía:** Es aquel dispositivo o módulo termoelectrico, que por medio de su composición, proporciona los cambios de energía que se desean.
- **Fuente Fría:** Son elementos que hacen la labor de refrigerar con el fin de disminuir los niveles de temperatura como lo son el disipador de aluminio los tubos refrigerantes o los radiadores.

Teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado, el grupo de investigación de la Universidad Santo Tomas, ha planteado una serie de proyectos alrededor del aprovechamiento de los recursos naturales, que junto con los dispositivos electrónicos que actualmente tenemos a nuestra disposición, nos proporcionen herramientas y beneficios en los diversos procesos y actividades que la sociedad actual mantiene día a día, en pro de la protección del medio ambiente y del uso de energías alternativas para el cuidado del mismo.

Es por ello que este tipo de dispositivos pueden ser de gran utilidad en ambientes pasivos como hogares, oficinas e industrias, o en ambientes dinámicos como el campo o áreas abiertas, y es allí donde el grupo de investigación entra en acción con el estudio y la experimentación de procesos a baja escala, la generación de nuevas ideas y el diseño y creación de planes que brinden dichas alternativas y a su vez generen una amplia gama de opciones al momento de obtener energía eléctrica.

A continuación, se presenta la implementación de este tipo de módulos en una vivienda familiar a manera de ejemplo, pudiéndose observar las diversas aplicaciones que puede conllevar su uso.



**Figura 5: Aplicaciones De Los Módulos Termoelectricos En Una Vivienda Familiar**

Fuente: Autor

En la figura anterior podemos observar cómo se desarrolla el aprovechamiento y el buen uso de la energía solar como fuente generadora de energía eléctrica, haciendo que en el módulo se produzca la energía necesaria para obtener un completo sistema de calefacción en el hogar, con la inclusión de agua caliente y fría para el mismo.

Como es sabido que todo elemento electrónico posee ciertas ventajas y desventajas, el modulo peltier no se queda atrás en estas consideraciones, las cuales se deben conocer y tener en cuenta al momento de usar este tipo de dispositivos, por ello se presentan a continuación:

### Ventajas

- Proporcionan un funcionamiento continuo, la cual no depende del clima en el que se establezca este servicio.
- Posee una vida útil de hasta 20 años sin recambio de sus componentes, lo cual varía de acuerdo a la tecnología utilizada
- Mínimo impacto visual y sonoro.

### Desventajas

- Costo relativamente alto por watt, pero que podría ser competitivo con el rango de potencia que habitualmente se consume.
- Eficiencia relativamente baja, pero que con el consumo de potencia habitual se puede considerar como una eficiencia moderada.

Una de las aplicaciones, para la cual se pretende investigar para luego implementar este sistema es el uso de dispositivos de radioteléfono, con el fin que permitan al usuario al estar en terrenos inhóspitos o con difícil acceso a energía eléctrica, cargar su equipo de una manera fácil, utilizando los recursos naturales a su alcance como fuente de calor, por ello el grupo se centra en investigar y analizar si es o no viable este método de generación de energía para obtener resultados satisfactorios en dicho fin, con la ayuda de energía solar o energía calorífica como el de una fogata.

## **3. Experimentación, Resultados y discusión**

Inicialmente se identificaron las características principales de la Celda Peltier, principalmente en lo concerniente a la diferenciación de sus caras, identificando la superficie generadora de calor e igualmente la superficie generadora de frío; teniendo como referencia en el uso la celda TCE 1-12709.

Consecuentemente, se realizaron dos pruebas al módulo para poder obtener su funcionamiento de una forma característica. En primer lugar, y después de identificar las superficies generadoras de calor y frío, se procedió a aplicar un diferencial de calor por su correspondiente cara al igual que un diferencial de frío por su cara contraria.

En la aplicación de un diferencial de calor se empleó un elemento intermedio con el fin de obtener una disipación uniforme del mismo sobre la superficie de cerámica del módulo, al igual que para la aplicación del frío, ya que esta se realizó empleando una tela intermedia entre la fuente de frío y la superficie fría, con el mismo fin.

En base a este procedimiento se obtuvo los siguientes datos:

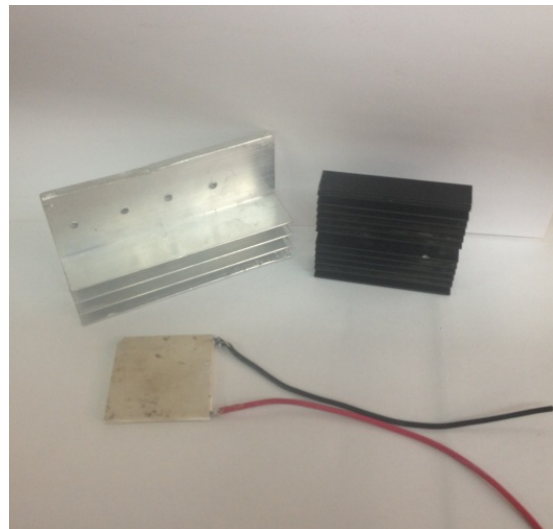
**Tabla 1: Datos Obtenidos en la Prueba Preliminar**

# de Medición	Voltaje (V)	Corriente Generada (mA)	Carga (K $\Omega$ )
1.	2.2	1	2.2
2.	2.35	1.0681	2.2
3.	2.7	1.2272	2.2
4.	2.9	1.3181	2.2
5.	3.04	1.3818	2.2
6.	3.28	1,5	2.2

A partir de la refrigeración aplicada, se observa que el voltaje aumenta de manera progresiva, pudiéndose observar esto desde el dato 4 hasta el dato 6, en donde al analizarlos, se detectó que para lograr la disipación del calor absorbido por el modulo, en su superficie caliente, esta energía se transfería para dicho fin, ejecutándose en la superficie fría.

En base a esto podemos ver que entre mayor sea la refrigeración aplicada a la celda, mayor será su generación de voltaje.

La segunda prueba realizada y que se considera la más importante, se basó en los datos adquiridos en la prueba mencionada anteriormente, para lo cual previamente a la realización del experimento, se ubicó un disipador en la superficie generadora de frío, esto se hizo con el fin de poder disipar el calor generado por la superficie opuesta, esta prueba se realizó con 2 diferentes disipadores, en donde la utilización del hielo se descartó, puesto que es mucho más viable el manejo de fuentes térmicas caloríficas y de elementos que disipen esa potencia en forma de calor, de manera constante sin que sus propiedades físicas cambien.



**Fig. 6. Celda Peltier Con Los Correspondientes Disipadores Utilizados En La Experimentación**

Fuente: Autor

Explicando de una manera más detallada la realización de esta prueba, esta consistió en aplicar una cantidad específica de energía calorífica a la superficie generadora de calor, esto con el fin de obtener un efecto contrario, generando un diferencial de potencial entre sus pines.

Para esto se empleó una lámina conductora intermedia entre la fuente de calor y el modulo todo esto para evitar efectos de quemadura del módulo y el deterioro del mismo.

En consecuencia del experimento, también se monitorearon las temperaturas de la lámina conductora empleada, a la vez que también se observaba el voltaje obtenido. A partir de este proceso elaborado se obtuvieron los siguientes datos:

**Tabla 2: Datos Experimentales Al Disipar El Calor**

<b>TEMPERATURA HORNO (C°)</b>	<b>VOLTAJE (V)</b>	<b>TEMPERATURA DISIPADOR (C°)</b>
<b>121,5</b>	0,83	35,2
<b>141,3</b>	0,75	32,9
<b>174,9</b>	0,91	40
<b>186,3</b>	0,73	42
<b>193</b>	0,74	41,4
<b>209</b>	0,67	41,9
<b>210,7</b>	0,67	41,8
<b>219,8</b>	0,57	42,1
<b>203,9</b>	0,65	40,2
<b>204,5</b>	0,65	40,9

Al analizar los resultados se puede concluir que al aumentar la temperatura en el disipador se va disminuyendo el voltaje, por lo que se requiere un buen disipador para que el calor no se transfiera tan aceleradamente a la otra cara de la celda.

Con base a los datos obtenidos se evidenciaron dos grandes falencias del sistema. La primera es considerar las características del material y el área adecuadas que el disipador debe poseer, ya que se observó que entre más calor se disipe en el proceso, el valor del voltaje se elevará, teniendo el debido cuidado con la temperatura, ya que esta también se eleva, y de allí se desprende nuestra segunda falencia, la cual consiste en encontrar o diseñar de una manera precisa, casi que exacta, el disipador de calor necesario, para que mantenga el voltaje que se requiere en la aplicación, con el máximo control de temperatura durante el proceso.

#### **4. CONCLUSIONES**

La celda Peltier maneja un voltaje de hasta máximo 15 voltios, lo cual no dice que para obtener eficiencia en el sistema se requiere que esta no sea forzada a más de un valor de 12 voltios, para asegurar mejores resultados.

Es importante tener en cuenta que el área de disipación debe ser lo suficientemente grande o que en esta se consideren materiales adecuados que permitan la obtención de un diferencial de potencial mucho mayor.

Una de las soluciones planteadas y que se podría considerar, sería la del aprovechamiento del calor generado por el módulo Peltier, realizando una conexión de varios de ellos en serie, empleándolo como fuente de calor para el siguiente modulo y así sucesivamente, esto podría ser una posible solución para generación de un mayor diferencial de potencial haciendo uso y aprovechamiento de la energía calorífica generada por sí mismos.



## REFERENCIAS

- Grupo de Eficiencia Energética. (2001). “Desarrollo de Termogeneradores”, Universidad Santo Tomas, Bogotá, Colombia.
- Grupo de Eficiencia Energética. (2012). “Generación de Energía Con Termocuplas”, Universidad Santo Tomas, Bogotá, Colombia.
- Petrotecnica. (2007). <http://biblioteca.iapg.org.ar/ArchivosAdjuntos/Petrotecnica/01/30/2013>
- Formas de Energía. (2008). <http://www.formasdeenergia.com/> E. H. Miller, “A note on reflector arrays,” IEEE Trans. Antennas Propagat., to be published 01/30/2013.
- I. Boniche and D.P Arnold, (2011), “Micromachined Radial Thermoelectric Modules for Power Generation Using Hot Gas Streams”, Journal of Microelectromechanical systems, Vol 20 N° 2.
- L. Chen et al. (2008). “Modeling and Power Conditioning for Thermoelectric Generation”, Michigan State University/Electrical and Computer Engineering Department, USA.
- M. Ferrari et al., ( 2007) “Characterization of Thermoelectric Modules for Powering Autonomous Sensors”, Instrumentation and Measurement Technology Conference, IMTC
- S. Zhou et al., (2012) “A Multiscale Modeling of Thermoelectric Generators for Conversion Efficiency Optimization”, Thermal and Thermomechanical Phenomena in Electronic Systems (ITherm)
- Y. Ke-jyun et al. ( 2009) “Efficient Reuse of Waste Energy”, Nanotechnology Magazine, IEEE.

### ***Authorization and Disclaimer***

*Authors authorize LACCEI to publish the paper in the conference proceedings. Neither LACCEI nor the editors are responsible either for the content or for the implications of what is expressed in the paper.*