



Tecnologías recientes sobre sistemas de refrigeración utilizados para la conservación de alimentos empleando el efecto Peltier como método alternativo a los sistemas por compresión

Omar Olvera García, Omar Armando Cornejo Becerra, Víctor Hugo Hernández Gómez*

RESUMEN

En la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán se imparten diversas Ingenierías, como ingeniería en Alimentos, Ingeniería Química e Ingeniería Mecánica Eléctrica, en estas licenciaturas se enseñan métodos y tecnologías convencionales existentes en diversas operaciones unitarias y se enseñan nuevas tecnologías que pueden reemplazar las ya existentes. Una de las operaciones unitarias que es altamente utilizada por su importancia en la preservación de alimentos, enfriamiento en procesos y acondicionamiento del ambiente es el proceso de refrigeración. Actualmente la tecnología más desarrollada son los sistemas por compresión de gas.

Se realiza una búsqueda de antecedentes y análisis de los mismos para comprobar la factibilidad para proponer el diseño de un prototipo de refrigerador que utilice celdas Peltier para la conservación de alimentos.

Se concluye que el avance tecnológico de los materiales de construcción de las celdas termoeléctricas, así como el apoyo brindado en la generación de tecnologías limpias en los últimos 20 años pueden ser factores favorables para desarrollar un prototipo de un sistema de refrigeración que sea utilizado para la conservación de alimentos empleando el efecto Peltier.

ABSTRACT

In the Faculty of Higher Studies Cuautitlán various Engineering are taught, such as Food Engineering, Chemical Engineering and Electrical Mechanical Engineering, conventional methods and technologies existing in various unit operations are taught and new technologies that can replace existing ones are taught. One of the unit operations that is highly used for its importance in food preservation, process cooling and environmental conditioning is the refrigeration process. Currently the most developed technology is gas compression systems.

A background search and analysis of them is carried out to verify the feasibility of proposing the design of a refrigerator prototype that uses Peltier cells for food preservation.

It is concluded that the technological progress of the construction materials of thermoelectric cells, as well as the support provided in the generation of clean technologies in the last 20 years may be

favorable factors to develop a prototype of a refrigeration system that is used for food preservation using the Peltier effect.

Palabras claves: Refrigeración Peltier, Refrigeración convencional, Antecedentes.

INTRODUCCIÓN

La refrigeración es uno de los procesos más utilizados para conservar los alimentos ya que se utiliza para mantenerlos en buen estado puesto que se retrasa el crecimiento de enzimas y microorganismo que provocan su degradación.

La tecnología más utilizada en refrigeración es el sistema de refrigeración por compresión de vapor, el cual requiere gases refrigerantes, que al ser liberados han afectado la capa de ozono, tales como los Clorofluorocarburos (CFC), los Hidroclorofluorocarburos (HCFC) o los Hidrofluorocarburos (HFC). Aunque se ha prohibido el uso de algunos de estos gases, se han buscado refrigerantes alternativos que tengan un menor impacto en la generación de gases de efecto invernadero y un daño mínimo a la capa de ozono, para seguir usando este tipo de tecnología ya que es que tiene el mayor índice COP (Coefficient of Performance).

Sin embargo, existen otras alternativas como son los sistemas de refrigeración por absorción y los sistemas de refrigeración termoeléctricos.

La idea de crear sistemas de refrigeración utilizando la termoelectricidad tiene más de 100 años, aunque ha sido posible desde la creación de los semiconductores en la década de 1950. Los elementos termoeléctricos son dispositivos de estado sólido, pequeños y ligeros que pueden ser utilizados en diversos campos para absorber el calor. Los materiales usualmente utilizados en la fabricación de las celdas Peltier son Bismuto, Teluro, Antimonio, Cesio, Germanio y Selenio. Actualmente las celdas termoeléctricas soportan diferenciales de temperatura superiores a 80 °C y pueden llegar a tener una vida media superior a las 200,000 horas, siempre y cuando se mantenga por debajo de la temperatura máxima de trabajo, por lo cual requiere un sistema de extracción de calor del lado caliente de la celda.

Un sistema de refrigeración termoeléctrico tiene la ventaja de no utilizar gases refrigerantes que pueden dañar la capa de ozono, a diferencia de los sistemas de compresión convencionales. pueden ser utilizados en el transporte de alimentos y bebidas, así como lugares donde las condiciones de alimentación de energía eléctrica sean adversas.

* Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México, Laboratorio de Investigación en Energías Renovables, omarog@comunidad.unam.mx.





ANTECEDENTES

Se realizó la búsqueda de los antecedentes que tuvieran que resultados sobre celdas Peltier, tecnología termoeléctrica en refrigeración, comparación entre sistemas de refrigeración convencionales y sistemas de refrigeración usando tecnologías alternativas.

Hara et al. (1998) realizan 3 prototipos diferentes de gorras refrigerantes con celdas termoeléctricas, en donde encuentran un modelo óptimo que se caracteriza por ser ligero y llevar a una temperatura de confort de entre 4 y 5 °C por debajo de la temperatura ambiental. Este prototipo es alimentado por celdas fotovoltaicas, lo cual demuestra la factibilidad de alimentar las celdas termoeléctricas a través de paneles fotovoltaicos sin la necesidad de un inversor y respaldando la idea de ser un sistema de fácil transporte.

Bansal & Martin, (2000) realizaron un estudio comparativo entre un sistema de refrigeración por compresión convencional, un sistema de refrigeración por absorción y un sistema de refrigeración termoeléctrico, encontraron que el sistema termoeléctrico era el menos costoso, el menos ruidoso y el menos eficiente de los tres sistemas. Sin embargo, hay que hacer la acotación de que las celdas termoeléctricas que utilizaba este último sistema era tecnología con más de 20 años de antigüedad y actualmente la tecnología con la que se fabrican las celdas termoeléctricas ha avanzado considerablemente debido al incremento de la calidad de los semiconductores con las que son fabricadas (Científicos poblanos crean celdas termoeléctricas al vacío, 2013).

Riffat y Ma (2003) realizan una revisión de diversas tecnologías fabricadas con celdas termoeléctricas, destacan un incremento de diversas patentes de equipos de refrigeración termoeléctricos registradas, esto debido al incremento en el interés para generar sistemas alternativos de refrigeración que tengan un menor impacto en la generación de gases de efecto invernadero, o gases que afecten la capa de ozono. Hacen mención en el bajo COP que tienen estos equipos, sin embargo, es notorio el esfuerzo por incrementarlo tanto en las tecnologías de las celdas como en la tecnología de los diseños y materiales con los que se han construido.

Dai et al. (2003a) realizan un análisis en un prototipo de un refrigerador termoeléctrico portátil que puede ser alimentado con celdas fotovoltaicas o conectado a corriente eléctrica casera. Encuentran que el valor de COP decrece de 0.30 a 0.14 conforme se incrementa la temperatura ambiental, sin embargo, la temperatura del espacio refrigerado se mantiene entre 5 y 10 °C (2003b).

En análisis posteriores, Riffat y Qiu (2004) comprueban que entre más grande es un sistema de enfriamiento termoeléctrico menos competitivo es contra un sistema de enfriamiento convencional por compresión o un sistema de enfriamiento por absorción.

En una revisión bibliográfica realizada por Xi et al. (2007) concluye que la tecnología termoeléctrica ha dado pasos agigantados desde la década de los 70, sin embargo, el bajo COP que tiene hace que los equipos sean sumamente costosos para grandes aplicaciones.

Tan & Fok (2008) presentan una herramienta de internet para encontrar la celda Peltier apropiada de acuerdo a las condiciones de diseño realizadas, con amplia base de datos de los productores de celdas termoeléctricas.

En una investigación realizada al instalar un disipador con ventilador para computadora a una celda Peltier, Liu et al., (2015) encontraron que la disminución de temperatura en el lado frío de la celda termoeléctrica depende directamente de la extracción de calor en el lado caliente la misma, aumentando el COP de los equipos que funcionan con celdas termoeléctricas.

Después de una búsqueda actualizada en la literatura, Bezinger et al. (2015) concluyen que, para ser más prácticos y competitivos, los materiales con los que son construidos los sistemas termoeléctricos deben seguir siendo investigados hasta alcanzar un nivel de eficiencia en la conversión entre la energía eléctrica y la energía térmica comparable con la existente en los sistemas convencionales de compresión de vapor.

Se realizó un experimento con un refrigerador tipo gabinete, al cual se le adicionó un sistema de refrigeración termoeléctrico (Bajaj et al., 2016), donde se utilizó una celda Peltier TEC12706, con una potencia de 60 watts. Con el módulo instalado como sistema de apoyo se obtuvo una mayor eficiencia del sistema de refrigeración por compresión convencional.

Vaidya et al. (2017) construyeron el prototipo de un refrigerador termoeléctrico para almacenamiento de alimentos y medicinas con una capacidad de 5 L (25 cm³). Utilizaron 2 celdas termoeléctricas para alcanzar el efecto de enfriamiento requerido, consiguieron disminuir la temperatura de 2 Kg de agua en 20 °C, en un lapso de 450 minutos y tuvieron un rendimiento COP de 0.16.

Mardini-Bovea et al. (2019) realizaron una búsqueda de información sobre investigaciones relacionadas con celdas Peltier, en la que destaca un incremento de generación de información en poco más de 5 veces, comparándola con el año 2000. En este mismo estudio encontraron que, a partir del año 2000, las investigaciones sobre la generación de celdas Peltier con nuevos materiales ha provocado un gran incremento en la eficiencia de la energía térmica que generan. Concluyen que, a pesar de que las celdas termoeléctricas no se encuentran al mismo nivel de rendimiento termodinámico con respecto a otros sistemas de refrigeración, se puede mejorar el rendimiento actual de estos sistemas con el desarrollo de nuevas tecnologías, la creciente investigación en el desarrollo de materiales para la construcción de los semiconductores con los que se fabrican las celdas termoeléctricas y con el incremento de políticas que apoyan las energías limpias pueden ser una gran opción en el área de la refrigeración

Recientemente Afshari et al. (2022) realizaron un prototipo para evaluar el efecto de la velocidad del aire en la extracción de calor de la celda Peltier y el grosor óptimo en el aislante entre el lado caliente y el lado frío de la celda. Como resultados, obtuvieron un grosor de aislante mínimo, de 1.5 mm y una velocidad de extracción de 30 m/s.

De acuerdo con la Comisión Federal de Electricidad (s.f.) el refrigerador, un sistema convencional por compresión, realiza un 30% del consumo energético de la energía eléctrica consumida en



un hogar y propone el uso responsable de los electrodomésticos de alto consumo, así como el incremento de uso de energías

ANÁLISIS DE ANTECEDENTES

Con base en los antecedentes anteriores se puede concluir que es necesario continuar con la investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías que utilicen tecnologías limpias, como es el caso de las celdas termoeléctricas. Por lo que se propone realizar un prototipo experimental que tenga como base didáctica la enseñanza experimental de tecnologías alternativas para la conservación de alimentos.

A continuación, se presenta el marco teórico sugerido para realizar un prototipo experimental de un sistema de refrigeración que sea utilizado para la conservación de alimentos empleando celdas termoeléctricas. Este sistema debe de tomar en cuenta diversos parámetros de diseño, como la factibilidad de mejorar la tecnología termoeléctrica con la que se construya.

MARCO TEORICO

CONCEPTOS GENERALES

Refrigeración

La refrigeración tiene como objetivo transferir el calor desde un espacio hacia un ambiente con temperatura superior. El calor viaja en forma natural desde un medio cálido a uno frío (Whitman, et al., 2000). En alimentos, la refrigeración consiste en la conservación de los productos a bajas temperaturas, pero por encima de su temperatura de congelación. Entre las principales tecnologías utilizadas para la refrigeración se encuentra, el sistema de refrigeración por compresión de vapor, el sistema de refrigeración por absorción y, en menor medida, la refrigeración termoeléctrica, que utiliza celdas Peltier.

Efecto Seebeck

Fue descubierto en 1821 por el científico alemán Thomas Seebeck mientras realizaba experimentos con una lámina de cobre y otra de bismuto. Se dio cuenta que al unir los materiales en un circuito cerrado y calentar uno de estos se produciría una diferencia de tensión entre ambos ocasionando un flujo de corriente de un extremo a otro y a su vez un cambio de temperatura entre las superficies de estos. Este efecto es inverso al Peltier. (Catalán Solsona, 2014)

Efecto Peltier

Fue descubierto por el físico francés Jean Charles Peltier en 1834 cuando realizaba sus investigaciones sobre la electricidad, dicha investigación consistió en pasar corriente por un circuito compuesto de diferentes materiales cuyas uniones se encontraban a la misma temperatura ocasionando que se absorbiera calor de una unión y se desprendiera de otra.

Este fenómeno es reversible pues la absorción de calor depende de manera directa con la dirección de la corriente y el flujo de electrones tal que, si se invierte la polaridad se ocasiona que la cara que antes absorbía calor lo expulsa y viceversa siendo este inverso al Seebeck. (Lizárraga, 2001)

Efecto Thompson

Fue descubierto en 1851 por William Thompson quien fue un físico y matemático británico. En sus investigaciones determinó que, ambos efectos, tanto Seebeck como Peltier se encontraban correlacionados dando paso al descubrimiento de un nuevo efecto llamado Thompson en su honor.

Este consiste en la liberación o absorción de calor a través de un conductor homogéneo, pero a diferencia de los otros métodos este se lo puede realizar mediante la implementación de un solo material dependiendo únicamente de la dirección de la corriente y por consiguiente el gradiente de temperatura.

Efecto Joule

Fue descubierto por James Prescott Joule en el año de 1852, este método es el más conocido y fácil de identificar pues ocurre cuando una corriente circula a lo largo del conductor generando así que este cambie su temperatura. Es decir, el desprendimiento de calor provocado por el movimiento de electrones. (Rivera, 2015)

Conducción

La conducción es un modo de transferencia de energía de partículas más energéticas de una sustancia hacia otras con menos energía debido a la interacción entre las mismas. En la conducción, la rapidez de transferencia de calor a través de un medio depende de tres factores: la geometría, su espesor y el material del que está hecho (Cengel & Ghajar, 2011).

Convección

La convección es uno de los modos de transferencia de calor en donde se ven involucrados una superficie sólida y un líquido adyacente en movimiento. Este tipo de transmisión se debe a una combinación entre los efectos de conducción y el movimiento de un fluido, mientras más velocidad adquiera el fluido, mayor será la transferencia de calor mediante convección. Si no existiera movimiento por parte del gas o fluido, solo existiría conducción entre la superficie sólida y el gas (Cengel & Ghajar, 2011).

Existen dos tipos de convección que son natural y forzada, en la primera, el movimiento del fluido se debe a fuerzas de empuje causadas por una diferencia de densidades debido al cambio de temperatura en el fluido; en convección forzada, el fluido es obligado a subir mediante equipos externos tales como ventiladores o bombas.

Radiación

La radiación es la energía que emite un objeto mediante ondas electromagnéticas debido a un cambio de las configuraciones electrónicas en los átomos y moléculas. Debido a que estas partículas son aptas para propagarse en el vacío, la radiación no necesita un medio para trasladarse, siendo así el modo de transferencia de calor más rápido. Cualquier material, ya sea sólido, líquido o gas pueden emitir y absorber radiación debido a que es un fenómeno volumétrico, aunque, en el caso de los sólidos que son opacos a la radiación térmica dicho fenómeno se vuelve superficial, debido a que la radiación emitida por el interior en este tipo de material nunca llega a la superficie (Cengel & Ghajar, 2011).

Aislante térmico

Un aislante térmico es un material que cumple con la función de disminuir la transmisión de calor entre objetos. Estos materiales se



clasifican en tres tipos que van de acuerdo a la transferencia de calor por conducción, convección y radiación siendo los que más se diseñan aquellos que evitan el traspaso de calor por conducción entre materiales sólidos. El diseño de los aislantes para evitar la transmisión de calor por convección está basado en la limitación del movimiento del aire y para los de radiación se usan barreras del mismo nombre que reflejan el calor emanado (Mosquera & Valencia, 2014).

Conductividad térmica

La conductividad térmica es una propiedad que permite medir la capacidad de un material para conducir calor la cual se define como la razón de transferencia de calor a través de un espesor unitario del material por unidad de área por unidad de diferencia de temperatura (Cengel & Ghajar, 2011).

CONCLUSIONES

Con base en la información obtenida en la búsqueda de antecedentes podemos establecer los parámetros de diseño de un prototipo de sistema de refrigeración utilizando celdas Peltier.

Se propone que el prototipo sea un diseño de tipo modular, es decir, que cada una de las partes que componen el sistema de refrigeración puedan separarse para facilitar el mantenimiento y la limpieza del mismo. Los módulos propuestos para el desarrollo del módulo son los siguientes:

Fuente de alimentación

Es la fuente que se encarga de proporcionar la energía eléctrica que requiere el sistema, debe proporcionar Corriente Directa y debe de ser tener la suficiente potencia para alimentar todas las celdas Peltier y los ventiladores de extracción con los que cuente el sistema, así como el controlador y los accesorios que pueda contener el equipo.

Cámara fría

Es el espacio confinado donde se extrae el calor con ayuda de la Celda Peltier, dedee contener un buen aislamiento en las paredes, para prevenir que el calor se escape por las paredes por efecto de la conducción térmica. Se accede a la cámara a través de una puerta que debe de sellar perfectamente para evitar pérdidas por infiltración. En el interior se coloca el alimento o el producto a enfriar, por lo que debe de estar construido de un material apropiado. Para este prototipo, el resto de los sistemas son acoplados a él, quedando como el eje del refrigerador.

Sistema de enfriamiento

Es el corazón del sistema, puede ser estar compuesto de uno o varios módulos termoeléctricos, los cuales extraen el calor de la cámara fría con ayuda de ventiladores, disipadores, un aislante y en el centro una celda Peltier. Puede estar acoplado directamente a la cámara fría o ser desmontable para facilitar el mantenimiento del Sistema de refrigeración.

Sistema de Control

Es la parte del refrigerador que se encarga de monitorear la temperatura interna en la cámara fría y activar el sistema de enfriamiento cuando se requiera bajar la temperatura en el interior.

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

- Abdul-Wahab, S. A., Elkamel, A., Al-Damkhi, A. M., Al-Habsi, I. A., Al-Rubai'ey, H. S., Al-Battashi, A. K., Al-Tamimi, A. R., Al-Mamari, K. H. & Chutani, M. U. (2009). Design and experimental investigation of portable solar thermoelectric refrigerator. *Renewable Energy*, 34(1), 30-34. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2008.04.026>
- Afshari, F., Akif Ceviz, M., Mandev, E. & Yıldız, F. (2022). Effect of heat exchanger base thickness and cooling fan on cooling performance of Air-To-Air thermoelectric refrigerator; experimental and numerical study. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 52, 102178. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2022.102178>
- Bajaj, S. S., Barhatte, S. H. & Bhong, S. U. (2016). Performance Enhancement of Refrigeration System using Peltier Module. *International Journal of Current Engineering and Technology*, Special(4), 33-37. <https://doi.org/10.14741/ijcet/22774106/spl.4.2016.5>
- Bansal, P. K. & Martin, A. (2000). Comparative study of vapour compression, thermoelectric and absorption refrigerators. *International Journal of Energy Research*, 24(2), 0363-907X. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-114X\(200002\)24:2<93::AID-ER563>3.0.CO;2-6](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-114X(200002)24:2<93::AID-ER563>3.0.CO;2-6)
- Bezinger, B., Anunair, P. & Balakrishnan, P. (2015). REVIEW PAPER ON THERMOELECTRIC AIR-CONDITIONER USING PELTIER MODULES. *International Journal of Mechanical Engineering*, 4(3), 49-56.
- Catalán Solsona, J. A. (2014). Materiales termoeléctricos, aplicaciones para la refrigeración y generación de electricidad. (Tesis de grado). Universidad Zaragoza, Zaragoza.
- Cengel, Y., & Ghajar, A. (2011). *Transferencia de calor y masa*. Santa Fe: McGraw Hill.
- Científicos poblanos crean celdas termoeléctricas al vacío. (2013, mayo). *Poblanerías*. <https://www.poblanerías.com/2013/05/cientificos-poblanos-crean-celdas-termoelectricas-al-vacio/>
- COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD. (s. f.). *Aparatos que Consumen Más Energía • Aprende a Ahorrar*. CFE. Recuperado 15 de octubre de 2022, de <https://app-cfe.mx/aparatos-que-consumen-mas-energia/>
- Dai, Y., Wang, R. & Ni, L. (2003a). Experimental investigation and analysis on a thermoelectric refrigerator driven by solar cells. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 77(4), 377-391. [https://doi.org/10.1016/s0927-0248\(02\)00357-4](https://doi.org/10.1016/s0927-0248(02)00357-4)
- Dai, Y., Wang, R. & Ni, L. (2003b). Experimental investigation on a thermoelectric refrigerator driven by solar cells. *Renewable Energy*, 28(6), 949-959. [https://doi.org/10.1016/s0960-1481\(02\)00055-1](https://doi.org/10.1016/s0960-1481(02)00055-1)
- Gomar, J. (16 de Octubre de 2018). *Que es la célula Peltier y cómo funciona*. Obtenido de *profesionalreview*: <https://www.profesionalreview.com/2018/10/16/que-celula-peltier/>
- Hara, T., Azuma, H., Shimizu, H., Obora, H. & Sato, S. (1998). Cooling performance of solar cell driven, thermoelectric cooling prototype headgear. *Applied Thermal Engineering*, 18(11), 1159-1169. [https://doi.org/10.1016/s1359-4311\(98\)00046-5](https://doi.org/10.1016/s1359-4311(98)00046-5)



- Liu, D., Zhao, F. Y., Yang, H. X. & Tang, G. F. (2015). Thermoelectric mini cooler coupled with micro thermosiphon for CPU cooling system. *Energy*, 83, 29-36. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.01.098>
- Lizárraga, W. B. (2001). Efecto Peltier. Obtenido de cetronic: <http://descargas.cetronic.es/EstudioPeltier.pdf>
- Mardini-Bovea, J., Torres, G. A., De-la-Hoz-Franco, E., Niño-Moreno, J., Sabau, M. & Pacheco-Torres, P. J. (2019). A review to refrigeration with thermoelectric energy based on the Peltier effect. *DYNA*, 86(208), 9-18. <https://doi.org/10.15446/dyna.v86n208.72589>
- Mosquera, I., & Valencia, J. (2014). Análisis de transferencia de calor de un material para aislamiento térmico de bebidas refrigeradas en envases o en empaques cilíndricos. Santiago de Cali: Universidad Autónoma de Occidente.
- Nagesh, K., Veereshka, R. K. & Muralidhara, R. (2020). A Review on Thermoelectric (Peltier) Module. *International Journal of Progressive Research in Science and Engineering*, 1(4), 212-216. <https://www.journals.grdpublications.com/index.php/ijprse/article/view/134>
- Riffat, S. & Ma, X. (2003). Thermoelectrics: a review of present and potential applications. *Applied Thermal Engineering*, 23(8), 913-935. [https://doi.org/10.1016/s1359-4311\(03\)00012-7](https://doi.org/10.1016/s1359-4311(03)00012-7)
- Riffat, S. & Qiu, G. (2004). Comparative investigation of thermoelectric air-conditioners versus vapour compression and absorption air-conditioners. *Applied Thermal Engineering*, 24(14-15), 1979-1993. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2004.02.010>
- Rivera, N. (24 de Mayo de 2015). Qué es el efecto Joule y por qué se ha convertido en algo trascendental para nuestras vidas. Obtenido de Hipertextual: <https://hipertextual.com/2015/05/efecto-joule>
- Sánchez, C. (29 de enero de 2020). Tablas. Normas APA (7ma edición). <https://normas-apa.org/estructura/tablas/>
- Sánchez, C. (29 de enero de 2020). Figuras. Normas APA (7ma edición). <https://normas-apa.org/estructura/figuras/>
- Tan, F. & Fok, S. (2008). Methodology on sizing and selecting thermoelectric cooler from different TEC manufacturers in cooling system design. *Energy Conversion and Management*, 49(6), 1715-1723. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2007.11.001>
- Thermo Electric Cooler (TEC) Controllers. (2020, 13 febrero). Krona Electronics. <https://kronaelectronics.com/product/thermo-electric-cooler-tec-controllers/>
- Vaidya, V., Manwatkar, P., Narnaware, M., Gadve, U. & Anvikar, S. (2017). Design and Experimentation of Thermoelectric Refrigerator for Cold Storage Application. *International Journal of Scientific Engineering and Research*, 5(2), 68-71. <https://www.ijser.in>
- Whitman, W. & Johnson, W. (2000). Tecnología de la refrigeración y aire acondicionado. Refrigeración comercial. (Vol. II). España: Paraninfo Thomson Learning.
- Xi, H., Luo, L. & Fraisse, G. (2007). Development and applications of solar-based thermoelectric technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 11(5), 923-936. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2005.06.008>

INFORMACIÓN ACADÉMICA

En esta sección se solicita se incluya la información académica de cada uno de los integrantes del artículo como sigue:

Omar Olvera García: Ingeniero Mecánico Electricista egresado de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de la UNAM, Técnico Académico Asociado C, del Departamento de Ingeniería y tecnología de la FES Cuautitlán.

Omar Armando Cornejo Becerra: Ingeniero Mecánico Electricista egresado de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de la UNAM. Profesor de Asignatura del Departamento de Física de la FES Cuautitlán.

Víctor Hugo Hernández Gómez: Ingeniero Mecánico Electricista egresado de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de la UNAM. Profesor de Carrera Titular C, del Departamento de Ingeniería de la FES Cuautitlán. Responsable del Laboratorio de Investigación en Energías Renovables de la FES Cuautitlán.

AGRADECIMIENTOS

Trabajo realizado con el apoyo del Programa interno de cátedras de investigación (FES Cuautitlán – UNAM), por el apoyo brindado a través del proyecto CI2252.

Trabajo realizado con el apoyo del Programa UNAM-DGAPA-PAPIME PE100222.

