



Evaluación térmica de horno solar cónico en un clima cálido **Thermal evaluation of a conical solar oven in a warm climate**

Margarito Ortiz Guzmán

<https://orcid.org/0000-0002-9891-8172>

Rafael Alavez Ramírez

<https://orcid.org/0000-0003-0246-0812>

Valentín Juventino Morales Domínguez

<https://orcid.org/0000-0002-3207-6793>

Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Investigación
para el Desarrollo Integral Regional Unidad Oaxaca, Oaxaca, México

margarito_og@yahoo.com, arrafael@yahoo.com.mx

valentin_md@yahoo.com.mx

Recibido: 2024/01/15 **Aceptado:** 2024/05/15 **Publicado:** 2024/07/15

Resumen

Hoy en día, la búsqueda de sistemas de energía para la cocción de alimentos se ha vuelto muy importante ante la alta contaminación de fuentes contaminantes como la leña, el gas y otros que arrojan grandes cantidades de dióxido de carbono a la atmósfera y que se han asociado al cambio climático que actualmente enfrentamos. En este trabajo se presentan los resultados obtenidos de evaluar un horno solar tipo Tolokatsin, con la finalidad de aprovechar la energía solar como una fuente alterna y no contaminante para la cocción de alimentos. Se monitoreó un horno, al cual se le hicieron adecuaciones para darle movimiento traslacional y giratorio, con la finalidad de poderlo direccionar para obtener la mejor y mayor radiación del sol. Las temperaturas se obtuvieron en cuatro puntos mediante sensores conectados a Dataloggers descargados la información en el programa HOBOWare versión 3.7.26 para su procesamiento, y de esta forma obtener los datos de temperatura. Con los datos obtenidos se determinó que el horario donde se tuvieron las mayores temperaturas dentro del horno fue de las 12:30 a las 15:00 horas, siendo mayor entre el rango de las 13:00 a las 15:00 horas. Además, en forma práctica se cocieron alimentos para comprobar la efectividad del horno. Se puede concluir que este tipo de



hornos permite la cocción de alimentos y son una alternativa viable y económica para sustituir otros tipos de hornos convencionales.

Palabras clave: alimentos; energía solar; horno; temperaturas

Abstract

Nowadays, the search for energy systems for cooking food has become very important in the face of high pollution from polluting sources such as firewood, gas and others that throw large amounts of carbon dioxide into the atmosphere and that have been associated with the climate change that we currently face. This work presents the results obtained from evaluating a Tolokatsin-type solar oven, with the purpose of taking advantage of solar energy as an alternative and non-polluting source for cooking food. An oven was monitored, to which adjustments were made to give it translational and rotating movement, in order to be able to direct it to obtain the best and greatest radiation from the sun. The temperatures were obtained at four points using sensors connected to Dataloggers, downloading the information into the HOBOWare version 3.7.26 program for processing, and thus obtaining the temperature data. With the data obtained, it was determined that the time where the highest temperatures occurred was from 2:00 p.m. to 4:00 p.m., being highest between the range of 2:00 p.m. to 3:00 p.m. In addition, food was cooked practically to check the effectiveness of the oven. It can be concluded that this type of oven allows you to cook food and is a viable and economical alternative to replace other types of conventional ovens.

Keywords: food; oven; solar energy; temperatures

Introducción

La cocción de los alimentos se puede realizar con diferentes medios, a través de los años ha habido cambios en las preferencias de los combustibles, de acuerdo a los costos y disponibilidad de ellos, por ejemplo, en las zonas rurales donde se cuenta con leña, esta tiene prevalencia sobre otros tipos de combustibles, aunque se han ido mejorando las estufas para disminuir los efectos perjudiciales del humo y aumentar su eficiencia; en áreas urbanas la preferencia del gas es importante aunque las estufas y hornos eléctricos también tienen presencia.



Debido a los efectos del cambio climático, actualmente se están buscando fuentes de energía que afecten menos al ambiente, seguras y económicas; y surge como alternativa el uso de la energía solar, experimentándose con diferentes tipos de estufas y hornos solares, en busca de alternativas viables y funcionales para la cocción de alimentos, que disminuyan el uso de energías contaminantes y la tala de árboles con sus consiguientes efectos en el medio ambiente.

Según Terres *et al.* (2022), la estufa solar es un dispositivo que transforma la energía solar en energía térmica, teniendo dentro de sus principales usos: la pasteurización de agua, esterilizar material quirúrgico, el envasado de frutas, deshidratar alimentos y la cocción de alimentos (principalmente frutas y verduras).

Castell *et al.* (1999), menciona que, para evaluar la energía incidente sobre la cocina u horno, se evalúa la radiación en el plano perpendicular a los rayos solares. La forma, tamaño y materiales con lo que se construyen los hornos solares inciden en las temperaturas que se alcanzan en ellos. En cocina Solar (s/f), se menciona que las temperaturas están también condicionadas por la ubicación geográfica del sitio donde se ubique el horno, mientras más cerca del Ecuador, mayor temperatura se podrá generar, otros factores tendrán relación con las condiciones atmosféricas como niveles de contaminación, porcentajes de humedad y grado de nubosidad, así como la época del año y la hora de uso del dispositivo, mientras más alto se encuentre el sol se podrán obtener mayores temperaturas, así mismo mencionan que las temperaturas que se requieren para la cocción de los alimentos debe superar los 82°C, haciendo hincapié que a temperaturas no muy altas la cocción, aun cuando es más lenta, conserva los nutrientes de los alimentos, obteniéndose también carnes más jugosas y saludables. El horno solar Sun Cook fabricado en Portugal está diseñado para funcionar incluso con cielo parcialmente nublado, construido con materiales que permiten alta eficiencia y con una vida útil de 15 a 20 años, pudiendo alcanzar temperaturas máximas entre los 180 a 200 °C.

Correa (2012), menciona que las cocinas solares de tipo caja no tienen por qué girarse, al menos que se cocinen verduras por requerir más tiempo para la cocción, también comenta que las estufas parabólicas si requieren girarse con tiempos cortos



para lograr un mejor enfoque. Las estufas tipo caja pueden tener mayor utilidad en latitudes de 20° N a 20° S, las que no cuenten con reflector se necesitan reposicionarse un poco para encarar al sol mientras cambia de posición.

Un elemento híbrido entre una estufa solar y un horno solar fue construido por Río *et al.* (2010) donde evaluaron temperaturas de cocción de alimentos, alcanzando una temperatura de 130 °C en un tiempo de 120 minutos.

Por otra parte, se sabe que en los hornos solares se cocinan alimentos de todo tipo, de manera económica y ecológica, y en cualquier lugar como lo menciona Fernández (2014), comenta que un horno solar parabólico cocina casi tan rápido como un fogón de gas. El horno más sencillo consiste en una caja forrada de material térmico aislante, salvo la parte orientada hacia el sol, actúa como un invernadero, puede superar los 100 °C de temperatura, aunque si se le añade algún tipo de captador solar, por ejemplo, reflectores de aluminio, la temperatura puede llegar a los 220 °C.

Otro tipo de horno mencionado en Cocina Solar (s/f), es el Solar Sun Oven donde emplea los reflectores plegables, tiene mayor popularidad en Norte América y alcanza temperatura que oscila de 180 a 200 °C. Las temperaturas alcanzada varían entre un horno y otro, tanto por los materiales como por las diversas características en su fabricación, como es el caso de los Hornos solares caseros, Cocina Solar (s/f), donde se menciona que su elaboración es con materiales de fácil adquisición como el cartón forrado con aluminio, tiene una eficiencia no es muy buena, llegando a alcanzar temperaturas de 65 a 80 °C, que sirve a las comunidades para la pasteurización del agua, pero si se quiere mejorar se tiene que ubicar la latitud para un mejor funcionamiento llegando a alcanzar la temperatura de 120°C.

Esteves *et al.* (2006), menciona que se construyó un horno con dos tipos de reflectores tanto superior como inferior, con 3 orientaciones, durante el ensayo se alcanzó una temperatura máxima de 178.8 °C, que consideran es superior a otros modelos de hornos solares donde las temperaturas alcanzadas fluctúan entre 145 a 155 °C.

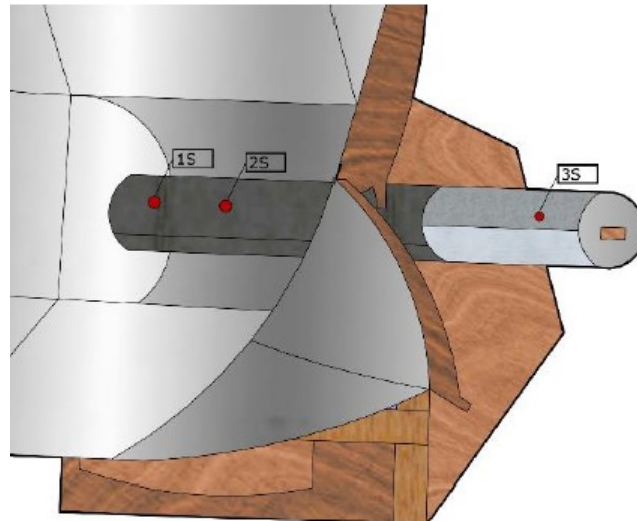
Materiales y Métodos

Para el trabajo que se presenta, se empleó un horno tipo Tolokatsin, construido en el CIIDIR IPN unidad Oaxaca, empleando materiales reutilizables y de fácil adquisición en el mercado, como una propuesta para su uso en comunidades rurales del estado de Oaxaca, México, a dicho horno, se le dotó de un soporte giratorio y una guía para su movimiento vertical.

Para medir las temperaturas se colocaron dos sensores de temperatura superficial Termopar tipo K, dos en la parte externa del horno (sensores 1S y 2S) y uno dentro de este (sensor 3S), como se muestra en la figura 1 (Ortiz, 2023). También se colocaron tres sensores TMC20-HD dentro del cono (figura 2), suspendidos en la parábola para medir la concentración de energía.

Figura 1

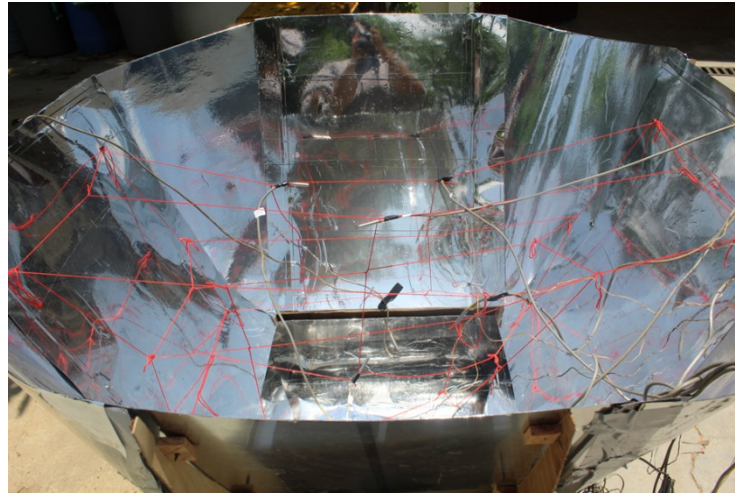
Ubicación de sensores de temperatura superficial Termopar tipo K.



Nota. Fuente: Ortíz Pérez Wendoly

Figura 2

Ubicación de los sensores TMC20-HD en el cono del horno.



Fuente: Elaboración propia

Para la obtención de datos, los sensores de temperatura superficial Termopar tipo K se conectaron a un registrador de datos HOBO analógico de 4 canales y los sensores TMC20-HD a un registrador de datos HOBO de temperatura/humedad relativa/2 canales externos.

Para medir la radiación solar se empleó una estación meteorológica HOBO, U30 NRC.

Para ver la operacionalidad del horno, se cocinaron dos tipos de alimento, unos panques y un pescado empapelado, entre las 13:00 y las 16:00 horas del 31 de mayo del 2023, con una radiación solar promedio de 875 w/m^2 y una humedad relativa del 54 %, figuras 3 y 4.

Figura 3

Detalle de cocción de panques



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.

Detalle de cocción del pescado



Fuente: Elaboración propia.

Resultados y Discusión

Los resultados de las mediciones realizadas dentro del cono del horno se muestran en las figuras 5 y 6:

Figura 5

Cite este artículo como:

Ortiz Guzmán, M., Alavez Ramírez, R. y Morales Domínguez, V.J. (2024). Evaluación térmica de horno solar cónico en un clima cálido. *Universidad & ciencia*, 13(Especial CIVITEC), 110-121.

URL: <https://revistas.unica.cu/index.php/uciencia/article/view/8537>

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.11588545>

Gráfica de temperaturas registradas dentro del cono del horno y la radiación solar

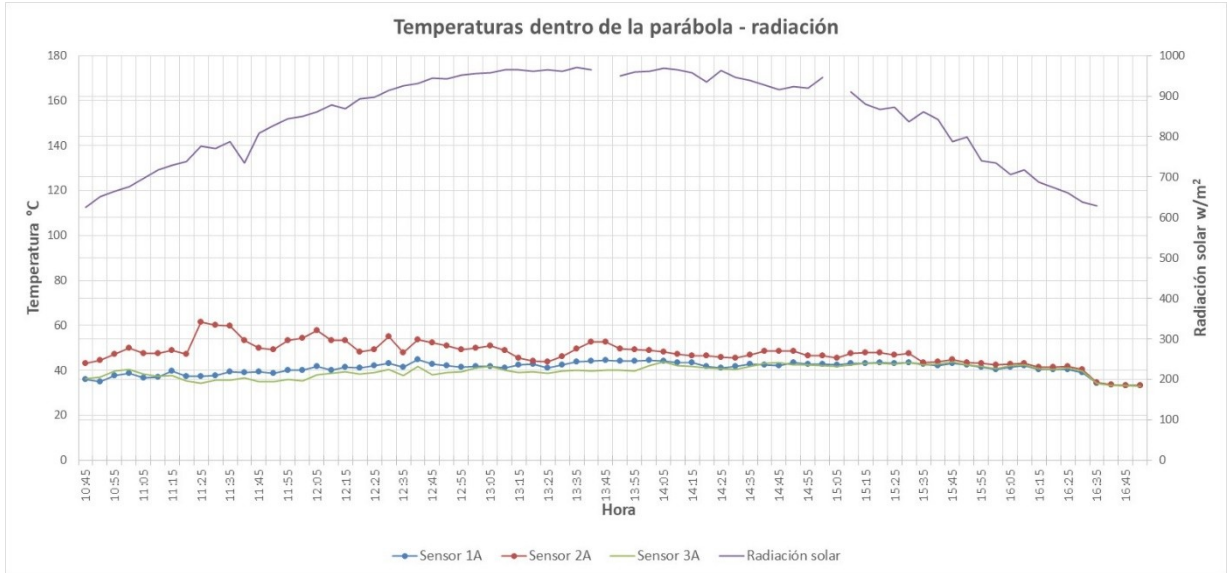
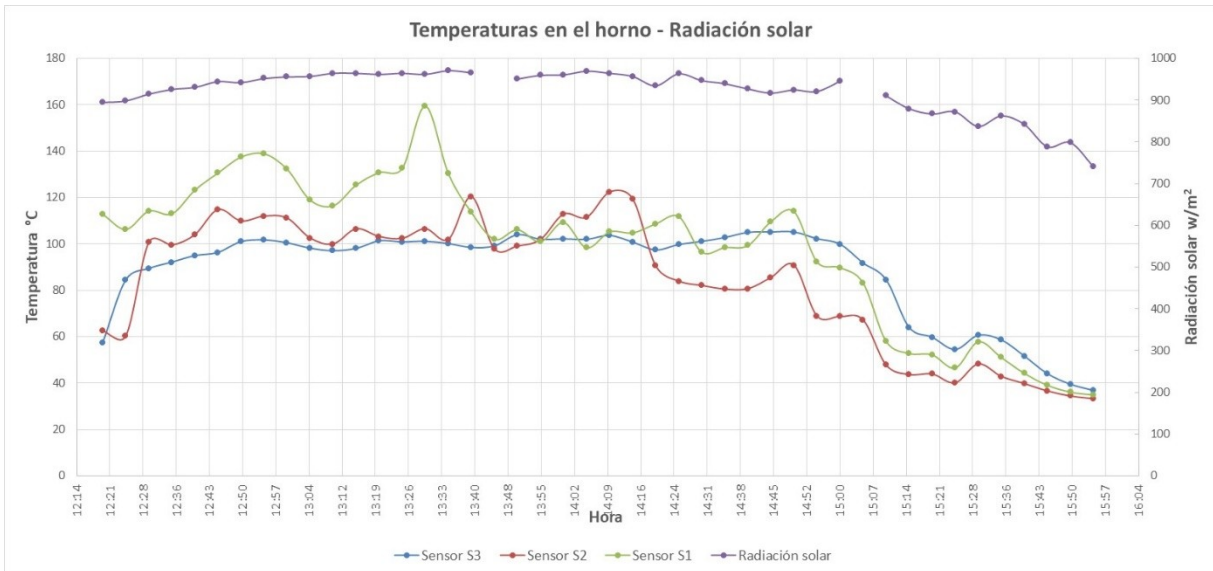


Figura 6

Gráfica de temperaturas obtenidas en el horno, los sensores S1 y S2 corresponden a la superficie y el sensor S3 al interior



Cite este artículo como:

Ortiz Guzmán, M., Alavez Ramírez, R. y Morales Domínguez, V.J. (2024). Evaluación térmica de horno solar cónico en un clima cálido. *Universidad & ciencia*, 13(Especial CIVITEC), 110-121.

URL: <https://revistas.unica.cu/index.php/uciencia/article/view/8537>

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.11588545>



Respecto a la prueba de cocción de los alimentos, los panques se cocinaron en un tiempo de 1:25 horas en tanto que el pescado empapelado tardó 45 minutos en su cocción.

Del análisis de la gráfica de la figura 6, se puede apreciar que las temperaturas dentro de la parte cónica del horno son bajas y en promedio están en un rango de 38°C a 45°C, lo que nos indica la concentración de energías dada en temperatura de la parábola. Esta energía tiende a ser mayor en el punto focal que en este caso es sobre el horno.

En la figura 5 se aprecian temperaturas dentro del horno de 57.7 °C (12:20 h) a 104.91 °C (14:40 h), a las 16:00 h se tuvo una medición de 36.75 °C, el rango de temperaturas superiores a los 82°C se obtuvieron en un horario de las 12:30 a 15:00 horas, aquí se observan las mayores temperaturas, debido a la concentración de energía proporcionada por la forma del horno y la orientación del mismo respecto al sol.

Ortiz *et al.* (2014), encontraron durante el censo de temperaturas en una estufa solar de forma parabólica, que la temperatura máxima alcanzada promedio fue de 130 grados centígrados entre las 10:50 y 14:00 horas y una radiación que osciló entre los 850 a 1000 w/m², las condiciones ambientales fueron de cielo despejado y la temperatura máxima ambiental se alcanzó a las 13:45 horas. Las temperaturas obtenidas dependerán de la forma del horno, las condiciones ambientales y la orientación que se les dé para obtener los mejores resultados.

En la figura 6 se puede observar que los sensores colocados en la superficie presentan mayores fluctuaciones que al interior del horno, probablemente por la influencia del ambiente donde se ubicó el horno (viento principalmente) y por la manipulación de este al momento de buscar la mejor orientación para captar la mayor cantidad de energía solar. En el interior del Horno al ser un espacio cerrado, se puede gestionar mejor la temperatura, presentando menores fluctuaciones que en el exterior, como se aprecia en la línea azul de la figura 6.

En un artículo de gastronomiasolar.com, relacionada con el funcionamiento, temperaturas, tiempos de cocción, se menciona que la temperatura para cocer los



alimentos es aquella que está por arriba de los 82 grados centígrados, la cocción solar la ubica entre los 90 y 100 grados centígrados; las temperaturas obtenidas entre las 12:30 h a las 15:00, son adecuadas para la cocción de alimentos, lo cual se comprobó en la prueba práctica del horno, estas temperaturas, como menciona Rios Portilla (2010) tiene ventajas al propiciar un cocimiento lento, que también es característico de los hornos y cocedores solares, menciona también, que la comida preparada en un cocedor solar presenta características similares a las preparadas por métodos tradicionales.

Montesino *et al.* (2016) puso a prueba una estufa solar de geometría paraboidal portátil cocinando huevos en sartenes de varios materiales y colores, encontrando tiempos de cocción de 10.5 a 15 minutos, encontró también temperaturas de 55 °C en agua, las diversas formas de las estufas y hornos, así como las condiciones ambientales inciden en los resultados de las cocciones de alimentos, así como del tipo de utensilios que pueden ser usados.

Conclusiones

El horno solar tipo Tolokatsin, construido con materiales de bajo costo, es factible para ser empleado en la cocción de alimentos.

Los hornos solares tienen ventajas y desventajas, probablemente requieren de un mayor trabajo de operación y se necesita de un espacio donde se pueda obtener la mayor radiación de energía solar, espacio que generalmente se puede tener en áreas rurales, también disminuye su efectividad en días nublados o lluviosos, pero reducen notablemente el impacto al medio ambiente, así como impactan positivamente a la economía de las familias.

Este tipo de hornos disminuyen la dependencia de combustibles fósiles, de electricidad y de recursos maderables, contribuyendo a un ambiente más limpio y sustentable.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Instituto Politécnico Nacional, CIIDIR-IPN Unidad Oaxaca, por el financiamiento otorgado, a través del proyecto Comportamiento termofísico de sistema de muros de Bahareque para climas cálidos. SIP 20231420.



Referencias Bibliográficas

- Castell, María Emilia de, Finck Pastrana, Adolfo, Collares Pereira, Manuel, Fonseca Fonseca, Susana y Esteves Miramont, Alfredo (1999). Protocolo de cocción solar de RICSA. Apreciaciones respecto de la determinación de la energía y la carga para determinar la potencia efectiva de cocción. *Avances en energías Renovables y Medio Ambiente (AVERMA)*. Argentina, ASADES, 4, 77-80. <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/79080>
- Cocina Solar (s/f). Horno Solar – Funcionamiento, temperaturas, tiempos de cocción. <https://gastronomiasolar.com/horno-solar-funcionamiento-temperatura/>
- Cocina Solar (s/f). Horno solar casero. <https://gastronomiasolar.com/construir-horno-solar-casero/>
- Correa Martinez, Jorge Manuel (2012). *Evaluación térmica de cocinas solares tipo caja y transferencia de tecnología en el Cantón Zapotillo Parroquia Bolaspamba Barrio Chaquino*. Ecuador. [Tesis para obtener el Título de Ingeniero Electromecánico. Universidad Nacional de Loja. Ecuador]. 18 - 23.
- Esteves A., Buenanueva, J. F., Cavagnaro, L. G. y Miralles, P. (2006). Horno solar con ganancia superior e inferior. *Evaluación del rendimiento térmico. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 10, 77-82. Centro Regional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CRICYT). Mendoza. Argentina.
- Fernández Muerza A. (2014). *Horno solar, cocinar con la energía del sol*, EROSKI Consumer, España. <https://www.consumer.es/medio-ambiente/horno-solar-cocinar-con-la-energia-del-sol.html>
- Montesinos González S., Hernández Echeverría Y., Santiago Alvarado A. y Miranda Márquez Mario (2016). Diseño de una estufa solar de geometría paraboidal portátil. *Revista de la Ingeniería Industrial*, 10(1), 30-36.
- Ortiz Guzmán M., Alavéz Ramírez R. y Morales Domínguez Valentín J. (2014). Comportamiento de temperaturas en una estufa solar. Congreso Internacional Virtual de Innovación, Tecnología y Educación 2014. 9 al 11 de octubre. Tijuana, Baja California, México.



- Ortiz Pérez W. (2023). *Memoria de estadía profesional*. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR) IPN unidad Oaxaca. México.
- Rio Portilla, J.A. del, Tapia Salinas, S. y Jaramillo Salgado, O. A. (2010). Cocedores Solares. *Revista Digital Universitaria*. 11(10), UNAM. México.
<http://www.revista.unam.mx/vol.11/num10/art93/index.html>
- Terres Peña H., Rodriguez Rivera R., Chavez Sánchez S., Lizardi Ramos A. y Carvajal Mariscal I. (2022). Determinación de las propiedades termofísicas de papa, zanahoria y calabacín durante su proceso de cocción en una estufa solar tipo caja. *Congreso Internacional de Investigación Academia Journals*. Puebla, 14 (6), 939-943.

Conflicto de interés

Los autores no declaran conflictos de intereses.



Esta obra está bajo una licencia internacional [Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/). Se permite su copia y distribución por cualquier medio siempre que mantenga el reconocimiento de sus autores, no haga uso comercial de los contenidos y no realice modificación de la misma.

Cite este artículo como:

Ortiz Guzmán, M., Alavez Ramírez, R. y Morales Domínguez, V.J. (2024). Evaluación térmica de horno solar cónico en un clima cálido. *Universidad & ciencia*, 13(Especial CIVITEC), 110-121.

URL: <https://revistas.unica.cu/index.php/uciencia/article/view/8537>

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.11588545>