

Colectores solares para calentar aire. Energía renovable para las necesidades de hoy

Lilia L. Méndez-Lagunas, Juan Rodríguez-Ramírez *, Vicencio Almaraz-Almaraz

Instituto Politécnico Nacional, CIIDIR Oaxaca, Oaxaca, México

* Autor de correspondencia: jrodrigr@ipn.mx; Tel.: 5557296000 ext 82772

Artículo de divulgación científica

Recibido: 5 de junio de 2025 Aceptado: 28 de junio de 2025 Publicado: 18 de julio de 2025

DOI: <https://doi.org/10.56845/terys.v4i1.474>

Resumen: El uso de la energía se ha convertido en una preocupación crucial en las últimas décadas debido al rápido aumento de la demanda energética. Además, el decremento en la disponibilidad de los recursos energéticos, el cambio climático y calentamiento global obliga a buscar fuentes alternas de energía. El secado de alimentos es uno de los procesos industriales donde existe una alta demanda de energía. Las necesidades energéticas del secado pueden ser proporcionadas de manera parcial o total por la energía solar. En este estudio se evaluó un colector solar de doble paso y se encontró que temperaturas de hasta 53 °C son posibles de alcanzar durante el día, lo cual es suficiente para el proceso de secado de alimentos. Se concluye que los colectores solares tienen gran potencial de aplicación en el proceso de secado ya que reducen significativamente el uso de energía convencional con claras ventajas ambientales en el secado de frutas y hortalizas.

Palabras clave: Colector solar; Energía térmica; Secado solar, Sistema híbrido

Introducción

La creciente demanda de energía para las necesidades domésticas, así como para la industria de procesos ha favorecido el desarrollo de tecnologías innovadoras en el área de energía solar. Algunas aplicaciones ya son comerciales como los calentadores solares de agua, sin embargo, otras aplicaciones como el calentamiento de aire usando colectores solares es poco conocido (Pathak *et al.* 2023). En México, se estimaba que se utilizaba en captadores solares una superficie de 2,506,602 m², distribuidos en captadores planos descubiertos 34.1%, captadores planos cubiertos 37.6%, captadores de tubo de vacío 27% y captadores de aire 0.4 % (García Valladares & Pilatoswky Figueroa, 2017).

El propósito de los colectores solares es capturar la energía solar y transferirla a un fluido de servicio que puede ser agua, aire o aceites. La energía proporcionada por los colectores se denomina energía solar térmica.

El colector solar está conformado por una cubierta transparente superficie o placa absorbedor, carcasa con o sin aislante térmico, placa absorbedores y aislante térmico, generalmente ubicado bajo la placa absorbente (Figura 1).

Existen diversas clasificaciones de colectores solares. Pueden clasificarse de acuerdo con la temperatura que puede alcanzar el fluido térmico (alta, media y baja); de acuerdo con el tipo de colector (plano y parabólico, tubos evacuados, Fresnel y concentradores cilíndricos-parabólicos compuestos); de acuerdo con su movilidad (estacionario y no estacionario). Otra clasificación es de acuerdo con la manera de aprovechar el fluido térmico (directa o indirecta).

Un ejemplo del uso indirecto de la energía térmica es el calentamiento de aceite calentado por concentradores solares. Este fluido principal puesto en contacto con un fluido secundario, generalmente a través de intercambiadores de calor, el cual finalmente es aplicado en algún proceso.

El aire también puede ser un fluido de servicio que, al ser calentado por colectores solares, puede ser utilizado directamente para calefacción de los hogares o en aplicación en procesos, como el secado de alimentos.

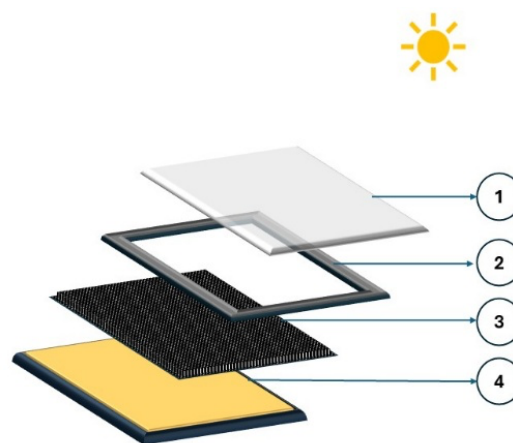


Figura 1. Partes del colector plano: 1) Superficie transparente, 2) Carcasa, 3) Placa absorbidora y 4) Aislante térmico.

Abordaremos más a detalle estos colectores y las implicaciones de su uso en el secado de alimentos.

Desarrollo

Los colectores solares planos para calentar aire son poco conocidos particularmente para aplicación en procesos como el secado de los alimentos.

Las temperaturas requeridas para secar alimentos son, en general, entre 40 y 70°C por lo que los colectores solares de baja temperatura son suficiente para proporcionar la energía requerida. Las temperaturas alcanzadas dependen de la ubicación geográfica donde se colocan los colectores. En México, la mayor parte del país reúne las condiciones de irradiación suficiente para proporcionar, al menos por algunas horas, la energía suficiente para calentar aire hasta 50 °C (García Zamora, 2022). Se ha reportado que en promedio se recibe una irradiación global de 5.5 kWh/m² (Santos *et al.*, 2023), energía suficiente para el propósito de secado de alimentos. Fuera de las horas de alta irradiación se requiere complementar la energía térmica para alcanzar temperaturas mayores o mantener un mínimo de temperatura aún en condiciones de baja irradiación solar. Para esas condiciones se desarrollaron los sistemas híbridos, en donde se combina la energía solar con otras energías como la energía eléctrica, gas y biomasa (Figura 2).

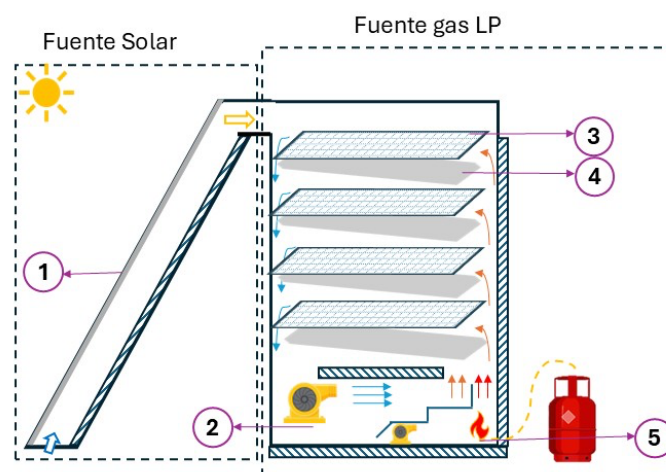


Figura 2. Sistema de secado híbrido con fuente de energía solar y gas LP (Desarrollado en CIIDIR-Oaxaca), 1) Colector solar, 2) Ventilador radial, 3) Bandejas de secado, 4) Deflectores de aire y 5) Quemador de gas LP.

Los colectores solares planos que calientan aire se pueden conectar a secadores de alimentos (Figura 3). El aire caliente circula desde el colector hasta el secador utilizando un ventilador. La energía necesaria para mover el ventilador puede ser proporcionada también por la energía solar a través de una placa fotovoltaica que genera electricidad.

En el interior de los secadores el aire circula de manera transversal o longitudinal de acuerdo con el diseño de los secadores. En secadores convectivos (que hacen uso de aire caliente para la deshidratación) es necesario que los secadores tengan un diseño que permita que una proporción del aire de secado con alto contenido de humedad relativa salga del secador, para permitir que entre a la cámara de secado aire caliente con un bajo contenido de humedad relativa proveniente del colector solar.

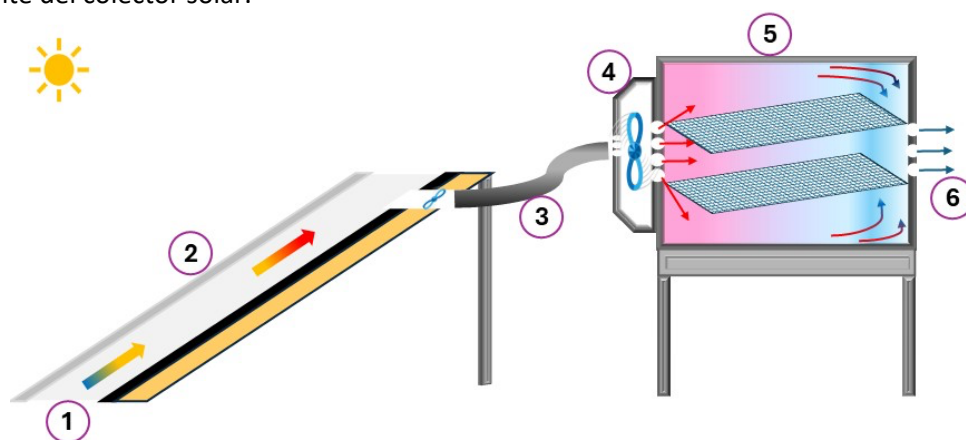


Figura 3. Sistema de secado solar de un paso, 1) Entrada de aire, 2) Colector solar para calentamiento de aire, 3) Conducto de aire (Colector-cámara de secado), 4) Ventilador de distribución de aire caliente, 5) Cámara de secado y 6) salida de aire.

De acuerdo como el aire circula en el interior del colector solar, los colectores se clasifican en de “dos pasos” o de “un paso” (Figura 4). Un ejemplo de colector solar de doble paso es el desarrollado en el Instituto Politécnico Nacional (Patente 5600). Este colector tiene la ventaja de ser ligero, con un peso de 34 kg; construido con aluminio grado alimenticio, resistente a la intemperie; eficiente, ya que proporciona hasta $0.6 \text{ kW/h}\cdot\text{m}^2$ en el período del día entre 10-16 h y cuenta con una placa fotovoltaica insertada que proporciona la energía para el ventilador, lo que lo hace completamente independiente de otros tipos de energía. El aire caliente proporcionado por este colector de doble paso alcanza temperaturas de hasta 53°C y tiene la capacidad de proporcionar la energía térmica necesaria para un deshidratador de gabinete de 1.49 m^2 de área efectiva de secado.



Figura 4. Sistema de secado solar con colector de doble paso (Desarrollado en CIIDIR-Oaxaca), a) Colector solar con panel fotovoltaico y b) cámara de secado (patente del Instituto Politécnico Nacional, Mx/u/2023/000266).

Secadores con mayor capacidad de carga, tal como las de tamaño industrial o semiindustrial, requieren más energía que la proporcionada por los colectores solares planos. Algunas alternativas son utilizar colectores parabólicos o concentradores solares. Alternativamente pueden utilizarse colectores auxiliares o complementarios de más capacidad y alta eficiencia. Aunque no proporcionan la energía total requerido por el deshidratador de alimentos estos colectores complementan la energía proporcionada por otros métodos térmicos.

En este trabajo, para valorar la temperatura alcanzada a lo largo del día por un colector de doble paso se midió la temperatura del aire de salida del colector (Figura 4). Se utilizaron termopares tipo *K* conectados a un sistema de adquisición de datos Keysight DAQ970A. Un termopar fue colocado en la entrada del colector y otro a la salida para medir el incremento de la temperatura del aire. Las temperaturas fueron monitoreadas de 9:00 a las 14:00 del día 6 de marzo del 2025.

El comportamiento de la temperatura del colector solar de doble paso es mostrado en la Figura 5. La temperatura máxima alcanzada fue de 53°C , con una diferencia promedio de 17.40°C entre la temperatura de salida y entrada. Esta temperatura es suficiente para el secado de alimentos, pero debido a que la temperatura mínima requerida se mantuvo por 5 horas, se requerirá de dos días de secado para alimentos con alto contenido de humedad con una carga en el gabinete de secado de 10 kg. Ese tiempo de secado se puede acortar si se utiliza una energía complementaria de otras fuentes, como la energía eléctrica o gas (López-Vidaña *et al.*, 2013).

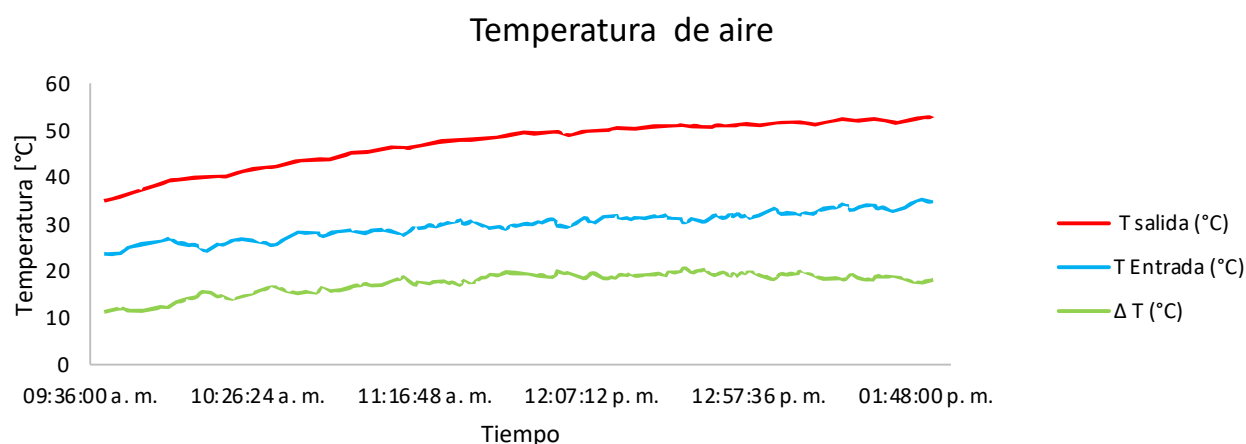


Figura 5. Perfil de temperatura de aire en un colector de doble paso.

Conclusiones

La sustentabilidad de los procesos donde se requiere energía térmica puede ser alcanzada con la ayuda de colectores solares. En particular, en el proceso de secado de los alimentos, el aire caliente proporcionado por los colectores solares tiene un gran potencial debido a que podría reducir significativamente el consumo de energía fósil.

El uso de colectores solares promueve el desarrollo económico a través de la producción de alimentos procesados, sin comprometer los recursos energéticos de las generaciones futuras para satisfacer las necesidades de ahora.

Bibliografía

- García Valladares, O., & Pilatoswky Figueroa, I. (2017). Aplicaciones térmicas de la energía solar en los sectores residencial, servicios e industrial. Ciudad de México: IER. <http://coralito.umar.mx:8383/jspui/handle/123456789/1469>
- García Zamora, R. (2022). *Energías Renovables en México*. Ciudad de Mexico: ICEX España. <https://www.camarabilbao.com/wp-content/uploads/2023/03/ENERGIAS-RENOVABLES-Ficha-del-sector-Energías-Renovables-México-2022.pdf>
- López-Vidaña, E. C., Méndez-Lagunas, L. L., & Rodríguez-Ramírez, J. (2013). Efficiency of a hybrid solar–gas dryer. *Solar energy*, 93, 23-31. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2013.01.027>
- Pathak, S. K., Tyagi, V. V., Chopra, K., Pandey, A. K., Goel, V., Saxena, A., & Ma, Z. (2023). Energy, exergy, economic and environmental analyses of solar air heating systems with and without thermal energy storage for sustainable development: A systematic review. *Journal of Energy Storage*, 59, 106521. <https://doi.org/10.1016/j.est.2022.106521>
- Rodríguez Suárez, S., Espinoza Navarrete, E., Rosenbuch, J., Ortega Navarro, H., Martínez Fernández, M., Cedano Villavicencio, K., & Armenta, M. (2017). *La industria solar fotovoltaica y fototérmica en México*. Ciudad de México: ProMéxico. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/428621/La_industria_solar_fv_y_ft_en_M_xico-compressed.pdf
- Santos, I., Silva, A., Straffon, A., & Masera, O. (2023). *Hacia un programa nacional de calentadores solares de agua*. México: Pronace ECC-Conahcyt. https://secihti.mx/wp-content/uploads/pronaces/micrositios/energia_y_cambio_climatico/energia/cuadernos_tematicos/Cuaderno_tematico_IV.pdf