

PANELES SOLARES Y CALOR: CÓMO EL ENFRIAMIENTO MEJORA SU RENDIMIENTO

DOI: 10.59730/rer.v12n56a2



Palabras clave: Fotovoltaico, Enfriamiento, Eficiencia, Energía solar

CÓMO MEJORAR LA EFICIENCIA DE LOS PANELES SOLARES CON TÉCNICAS DE ENFRIAMIENTO

S. Moreno, J.F. Hinojosa, R.L. Durán, V.M. Maytorena, A. Piña-Ortiz
Departamento de Ingeniería Química y Metalurgia,
Universidad de Sonora (UNISON), Blvd. Rosales y Luis Encinas,
Hermosillo, CP 83000, Sonora, México.

Los paneles solares fotovoltaicos (PV, por sus siglas en inglés) son una de las tecnologías más utilizadas para convertir la radiación solar en energía eléctrica. Sin embargo, su eficiencia puede verse afectada por un problema común: el calentamiento. Cuando la temperatura de los paneles aumenta, su capacidad de convertir la luz solar en electricidad disminuye (Figura 1). Por esta razón, los científicos investigan diversos métodos de enfriamiento para optimizar su funcionamiento[1].

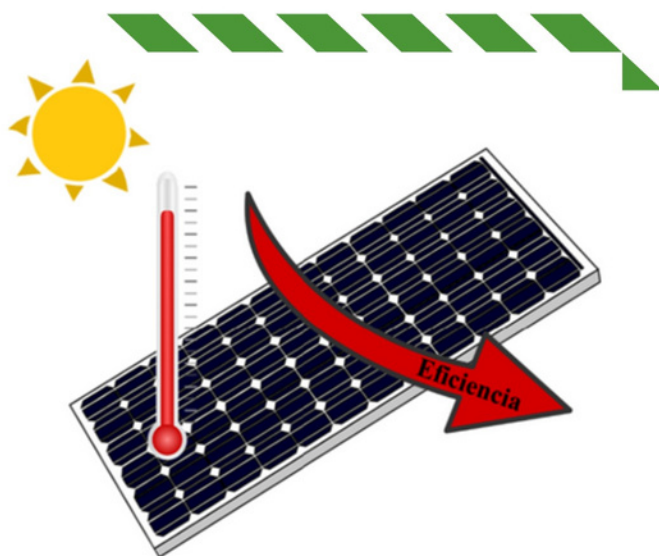


Figura 1. Panel fotovoltaico.

¿POR QUÉ EL CALOR AFECTA A LOS PANELES SOLARES?

Los paneles solares convierten la luz solar en energía eléctrica mediante celdas fotovoltaicas. Sin embargo, no toda la luz solar se transforma en electricidad. Un panel solar comercial de silicio puede tener una eficiencia entre 12-18% dependiendo de su fabricación mono cristalino,

(policristalino o amorfo) [2] a la temperatura de referencia, típicamente esta temperatura de referencia es 25 °C. La radiación solar absorbida que no se convierte en electricidad aumenta la temperatura del panel, haciendo que su eficiencia disminuya. Por ejemplo, si la temperatura del panel sube de 25 °C (temperatura estándar de prueba) a 40 °C, la producción de energía puede reducirse entre un 4.5 % y un 7.5 %, dependiendo del coeficiente térmico del módulo. Esto significa que, en los días más calurosos, aunque haya mucho sol, los paneles pueden producir menos electricidad de la esperada. Además, las variaciones constantes de temperatura a lo largo del día generan ciclos térmicos que provocan expansión y contracción en los materiales del panel, lo que acelera su envejecimiento y puede causar microfisuras o fallos prematuros en sus componentes [3].

Esto significa que, en los días más calurosos, aunque haya mucho sol, los paneles pueden producir menos electricidad de la esperada.



SOLUCIONES PARA REDUCIR EL CALENTAMIENTO EXCESIVO DE LOS PANELES

Para combatir este problema, se han desarrollado métodos de enfriamiento que ayudan a disipar el calor y mejorar la eficiencia de los paneles. Estos se dividen en dos tipos principales: pasivos y activos.



1. ENFRIAMIENTO PASIVO

El enfriamiento pasivo no requiere energía adicional para enfriar los paneles, sino que aprovecha materiales y diseños específicos para disipar el calor de manera natural (Figura 2). Algunas estrategias incluyen:

- **Aletas y disipadores de calor:** Son estructuras, generalmente de aluminio u otros metales con buena conducción térmica, que se colocan en la parte trasera del panel. Su función es aumentar la superficie expuesta al aire, permitiendo que el calor acumulado se disipe más rápidamente. Al facilitar la circulación del aire alrededor del panel, se genera un efecto de enfriamiento natural que ayuda a mantener una temperatura más baja durante su operación.
- **Materiales de cambio de fase (PCM, por sus siglas en inglés):** Estos materiales tienen la capacidad de absorber grandes cantidades de calor cuando cambian de estado, por ejemplo, al derretirse de sólido a líquido. Durante las horas más calurosas del día, el PCM se funde y absorbe el calor del panel, evitando que la temperatura suba demasiado. Más tarde, cuando la temperatura ambiente desciende, el material se solidifica nuevamente, liberando el calor absorbido. Este ciclo ayuda a mantener la temperatura del panel más estable a lo largo del día, lo que mejora su eficiencia y vida útil.
- **Refrigeración con canal inferior:** Esta técnica consiste en diseñar canales especiales en la parte inferior del panel solar. Estos canales permiten la circulación natural de aire o incluso de agua, sin necesidad de bombeo, gracias a la gravedad. El aire caliente tiende a subir, lo que crea una corriente que arrastra el calor hacia afuera del panel. En algunos diseños más avanzados, se puede utilizar agua que fluye por los canales y absorbe el calor mientras cae, enfriando el panel de forma continua. Esta solución es simple, efectiva y puede adaptarse fácilmente a diferentes tipos de climas.

**EL ENFRIAMIENTO PASIVO
NO REQUIERE ENERGÍA
ADICIONAL PARA ENFRIAR
LOS PANELES. SINO QUE
APROVECHA MATERIALES
Y DISEÑOS ESPECÍFICOS
PARA DISIPAR EL CALOR
DE MANERA NATURAL**

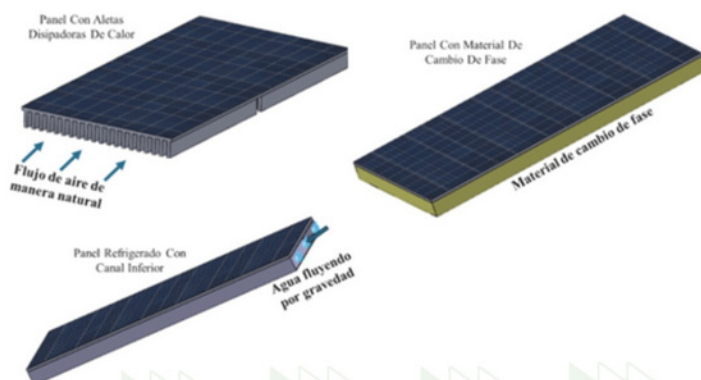


Figura 2 Estrategias de enfriamiento pasivo.

2. ENFRIAMIENTO ACTIVO

El enfriamiento activo utiliza sistemas que requieren una entrada de energía para reducir la temperatura del panel de manera más efectiva (Figura 3). Algunos de estos métodos incluyen:



ESTRATEGIAS DE ENFRIAMIENTO ACTIVO

3 Estrategias de enfriamiento activo.

➤➤➤ **Refrigeración con agua (circulación posterior):** Este método consiste en hacer circular agua por la parte trasera del panel solar a través de tubos o conductos. El agua actúa como un fluido refrigerante que absorbe el calor acumulado en el panel y lo arrastra consigo mientras fluye. Luego, esa agua caliente puede ser llevada a un sistema de almacenamiento, reutilizada para otros fines (como calefacción) o enfriada nuevamente para recircular. Esta técnica es muy efectiva, especialmente en lugares donde hay acceso constante a agua y la temperatura ambiente es elevada.

➤➤➤ **Rociado de agua (aspersión superficial):** En este caso, se utiliza un sistema de aspersores o boquillas para rociar agua directamente sobre la superficie del panel. El agua se evapora rápidamente al contacto con el panel caliente, enfriándolo casi de inmediato. Es un método muy eficiente para reducir la temperatura en poco tiempo, pero también requiere un suministro constante de agua y puede

implicar cierto desperdicio si no se diseña con sistemas de recuperación. Además, en zonas con agua dura o polvorientas, puede dejar residuos sobre el panel que disminuyan la captación de luz si no se limpia con regularidad.

➤➤➤ **Sistemas de enfriamiento termoeléctrico:** Esta tecnología utiliza dispositivos conocidos como módulos Peltier, que funcionan con electricidad y son capaces de transferir el calor desde una cara del panel hacia otra zona más fría. Es un principio similar al que se usa en la refrigeración de componentes electrónicos como procesadores de computadora. Aunque son compactos y silenciosos, estos sistemas aún están en fase de desarrollo para su uso en paneles solares, ya que consumen energía eléctrica para funcionar y requieren un diseño específico para que el beneficio obtenido en rendimiento supere el gasto energético. Es por esto mismo que es un método de enfriamiento un cuanto cuestionable.

BENEFICIOS DE ENFRIAR LOS PANELES SOLARES

Los estudios han demostrado que enfriar los paneles solares puede reducir su temperatura hasta en 49 °C y aumentar su eficiencia hasta en un 48 %. Esto significa un mayor aprovechamiento de la energía solar y un menor costo por kWh generado. Además, al reducir la temperatura, se prolonga la vida útil de los paneles y se evita el desgaste prematuro de sus componentes.

2 OCTOBER, 2024

“... al reducir la temperatura, se prolonga la vida útil de los paneles y se evita el desgaste prematuro de sus componentes.”



Tabla 1 Beneficios del enfriamiento de paneles fotovoltaicos [4].

Beneficio	Descripción
Mayor eficiencia	Reduce la temperatura del panel, permitiendo una mejor conversión de la energía solar en electricidad.
Mayor durabilidad	Disminuye el desgaste de los materiales internos del panel, prolongando su vida útil.
Menor costo de energía	Aumenta la producción de electricidad sin necesidad de instalar más paneles.
Menos mantenimiento	Evita daños por sobrecalentamiento, reduciendo la necesidad de reparaciones frecuentes.
Sostenibilidad	Al mejorar la eficiencia, se reduce el impacto ambiental y se optimiza el uso de recursos energéticos.

Si bien las técnicas de enfriamiento pueden mejorar notablemente el rendimiento de los paneles solares, también presentan algunas desventajas importantes que deben considerarse. En primer lugar, implementar sistemas de enfriamiento, especialmente los de tipo activo, puede aumentar significativamente el costo de instalación y mantenimiento del sistema solar. Estos métodos, como el enfriamiento con agua o el uso de dispositivos termoeléctricos, requieren componentes adicionales, como bombas, sensores o controles automatizados, que encarecen el proyecto. Además, los sistemas activos necesitan consumir energía para operar, lo cual puede reducir parte de la ganancia energética obtenida con el enfriamiento. En ciertos casos, si no se diseña adecuadamente, el gasto energético de estos sistemas podría incluso anular los beneficios obtenidos. Por otro lado, los sistemas pasivos, aunque más económicos y sin consumo de energía, pueden ser menos efectivos en condiciones climáticas extremas. Por ello, es fundamental evaluar el contexto y las condiciones locales antes de implementar una estrategia de enfriamiento en instalaciones fotovoltaicas.

MÁS ALLÁ DEL LABORATORIO: OBSTÁCULOS PARA SU ADOPCIÓN



Aunque las técnicas de enfriamiento han demostrado ser efectivas en estudios académicos, su adopción en instalaciones comerciales o a gran escala aún enfrenta varios obstáculos [5]:



Alto costo de implementación: Los sistemas de enfriamiento, especialmente los activos, requieren inversión adicional en equipos, infraestructura y mantenimiento.



Complejidad técnica: Incorporar estos sistemas a instalaciones fotovoltaicas existentes puede requerir rediseños o adaptaciones técnicas específicas, lo que dificulta su integración.



Falta de estándares: Actualmente no existen normas o guías ampliamente aceptadas para estandarizar el uso de estas tecnologías en sistemas solares comerciales.



Consumo energético adicional: En el caso de los sistemas activos, parte de la energía generada se destina a operar el sistema de enfriamiento, lo que puede disminuir la ganancia neta de energía.



Retorno de inversión incierto: Aún no hay suficiente evidencia económica que demuestre que los beneficios superan los costos en el largo plazo bajo condiciones reales.

CONCLUSIÓN

El calentamiento es un reto importante para los paneles solares, pero gracias a los diversos métodos de enfriamiento disponibles, es posible mejorar su eficiencia y durabilidad. La investigación en este campo sigue avanzando, buscando soluciones más efectivas y accesibles. A medida que estas tecnologías se implementen en mayor escala, podremos obtener más energía limpia y aprovechar mejor el potencial del sol para un futuro sostenible.



BIBLIOGRAFÍA

- [1] A. M. Bakar, A. Almerbati, S. Z. Shuja, and S. M. Zubair, "Enhancing solar PV panel performance through active and passive cooling techniques: A comprehensive review," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 216, p. 115611, 2025, doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2025.115611>.
- [2] E. Elibol, Ö. T. Özmen, N. Tutkun, and O. Köysal, "Outdoor performance analysis of different PV panel types," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 67, pp. 651–661, Jan. 2017, doi: [10.1016/J.RSER.2016.09.051](https://doi.org/10.1016/J.RSER.2016.09.051).
- [3] C. Sun, Y. Zou, C. Qin, B. Zhang, and X. Wu, "Temperature effect of photovoltaic cells: a review," *Adv Compos Hybrid Mater*, vol. 5, no. 4, pp. 2675–2699, 2022, doi: [10.1007/s42114-022-00533-z](https://doi.org/10.1007/s42114-022-00533-z).
- [4] T. Ibrahim, M. Abou Akrouh, F. Hachem, M. Ramadan, H. S. Ramadan, and M. Khaled, "Cooling Techniques for Enhanced Efficiency of Photovoltaic Panels—Comparative Analysis with Environmental and Economic Insights," *Energies (Basel)*, vol. 17, no. 3, 2024, doi: [10.3390/en17030713](https://doi.org/10.3390/en17030713).
- [5] T. Salameh, D. Zhang, A. Juaidi, A. H. Alami, I. Al-Hinti, and A. G. Olabi, "Review of solar photovoltaic cooling systems technologies with environmental and economical assessment," *J Clean Prod*, vol. 326, p. 129421, Dec. 2021, doi: [10.1016/J.JCLEPRO.2021.129421](https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2021.129421).

