

## Termosolaridad Pasiva: un potencial marginado

Luis Gerardo Frausto Torres \*

Quantab LAB, Innovación y Desarrollo. Av. Paseo de los Insurgentes 304-15, J. del Moral CP 37160, León, Guanajuato, México

\* Autor de correspondencia: [lfrausto@innocent.com](mailto:lfrausto@innocent.com), [quantab\\_LAB@innocent.com](mailto:quantab_LAB@innocent.com)

Energías Renovables (Energía Solar)

Recibido: 25 de agosto de 2025

Aceptado: 2 de octubre de 2025

Publicado: 27 de enero de 2026

DOI: <https://doi.org/10.56845/terys.v5i1.637>

**Resumen:** Hoy los combustibles fósiles representan más del 80% del suministro total de energía en la economía global. Para satisfacer la creciente demanda de energía de manera sostenible será necesario incrementar la capacidad de la generación por medios renovables con cara a la mitad del presente siglo. Los dos procedimientos convencionales para transformar la luz solar en energía utilizable son la vía fotovoltaica (PV) y la termosolar. La Energía Termosolar Pasiva (ETP), transfiere la energía solar a flujos de calor con aplicaciones útiles como la calefacción de espacios, edificios, superficies o agua. En este trabajo sugiero que el potencial de las tecnologías ETP ha sido poco valorado, y que los avances de su penetración en los mercados han sido crónicamente marginados en el escenario económico. Argumento que los esfuerzos de investigación en el campo están presentes, pero podrían estar siendo desfavorecidos por una falta de interés macroeconómico y poca atención de los organismos rectores en el campo de la política energético social a nivel global.

**Palabras clave:** termosolaridad, energía renovable, energía solar

## Passive Solar Thermal Heat: a marginalized potential

**Abstract:** Today, fossil fuels represent more than 80% of the total energy supply in the global economy. To sustainably meet the growing energy demand, renewable generation capacity will need to be increased by the middle of this century. The two conventional methods for transforming sunlight into usable energy are photovoltaics (PV) and solar thermal energy. Passive solar thermal energy (PSE) transfers solar energy into heat flows with useful applications such as space, building, surface, or water heating. In this paper, I suggest that the potential of PSE technologies has been underappreciated, and that advances in their market penetration have been chronically marginalized in the economic landscape. I argue that research efforts in this field are present but may be underserved by a lack of macroeconomic interest and insufficient attention from global energy and social policymaking bodies.

**Keywords:** solar therma, renewable energy, solar energy

### Introducción

A pesar de avances tecnológicos significativos, grandes presupuestos y su promoción generalizada, la transición energética hacia una mezcla de fuentes primarias no fósiles no ha comenzado. Hoy, 82% de la generación energética que abastece la economía global depende de los recursos fósiles (carbón, gas y petróleo), mientras que la integración incremental de las tecnologías renovables en la matriz solo ha sido un elemento complementario para satisfacer el incremento progresivo de la demanda. En este contexto, las tecnologías solares juegan un papel crucial en esta transición debido a su abundancia y su potencial para diversificar la paleta energética. En especial, el conjunto de soluciones termosolares pasivas ofrece un nicho de oportunidad prometedor para cumplir con los objetivos energéticos hacia una economía predominantemente renovable (DNV, 2024; Energy Institute, 2025; IRENA, 2025; UN DESA, 2025).

La Energía Termosolar Pasiva (ETP) se refiere al uso de la radiación solar incidente para calentar elementos físicos de transferencia, almacenar calor y transferirle a receptores para satisfacer una demanda final de energía térmica. En términos simples, captura la radiación solar directa y la transforma en calor, que puede ser aprovechado en una amplia variedad de aplicaciones. Las tecnologías ETP pueden ser sencillas o ingeniosas, pero por lo general son soluciones escalables y económicas que se adaptan a diferentes contextos, desde instalaciones residenciales hasta grandes plantas de generación térmica industrial (Cillari *et al.*, 2020; Senyonyi *et al.*, 2025). De acuerdo con su temperatura de operación las tecnologías ETP han sido clasificados en sistemas: a) de baja temperatura (30-150 °C), como los colectores de placa plana, los colectores de tubos de vacío, los estanques solares y las chimeneas solares,

con eficiencias en el orden de 15-40 %; b) de temperatura media (150-400 °C), como son los reflectores lineales de Fresnel y los colectores cilindroparabólicos, cuya eficiencia aumenta a 50-60 %, y c) de alta temperatura (>400 °C), como el receptor central y el colector de disco parabólico, con eficiencias del 60-80 % (Vanegas *et al.*, 2022).

La fuente de energía última para la Tierra es el sol, haciendo de su radiación un recurso permanente porque le suministra continuamente. Los 108,000 TW de energía solar que recibe la superficie terrestre constituyen el mayor recurso energético fácilmente accesible disponible en el planeta, y representan más de 5,000 veces el consumo total anual de energía primaria del mundo (450 EJ en 2024). Si bien no toda esta radiación está disponible para su explotación económica (fracciones son asimiladas por los diferentes estratos físicos y biológicos del planeta), tan solo un aprovechamiento del 1% de esta energía mediante las diferentes tecnologías solares aún superaría la demanda energética global más de 50 veces (Weingart, 1979; Kren 2017; World Energy Council, 2013; Energy Institute, 2025; IEA 2025).

La función de las soluciones ETP es la aportación de energía térmica útil (calor); y en este sentido, los requerimientos de calor conforman un factor reconocido y cuantificado en la demanda de las industrias, edificios y del sector doméstico. A nivel mundial, un 20 % de los hogares dependen del calor para la calefacción. Actualmente este calor se contabiliza como la energía térmica obtenida de centrales eléctricas y procesos industriales, que se suministra en forma de agua caliente o vapor y se vende como medio de calefacción urbana o para operaciones industriales. Aproximadamente el 87% de este calor (doméstico, urbano e industrial) es reportado como proveniente de la combustión de recursos fósiles y el resto de las biomasas, como la leña (Figura 1) (DNV, 2024).

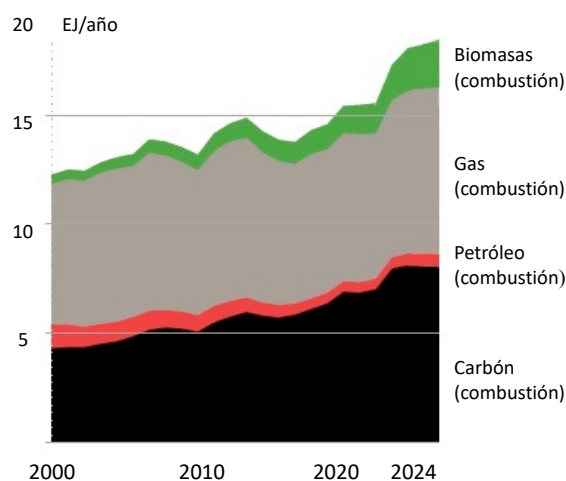


Figura 1. Suministro mundial de calor contabilizado oficialmente (DNV 2024; IEA 2024)

Las aplicaciones de la termosolaridad pasiva han estado presentes en la sociedad durante milenios, pero en su concepción tecnológica moderna han progresado durante las últimas cinco décadas, en su forma más común como dispositivos parabólicos, de placas y tuberías para calentar espacios, materiales, agua, aire y otros fluidos tanto doméstica como industrialmente (una forma popularmente comercializada son los calentadores de agua de tubos colocados en las azoteas). La Agencia Internacional de Energía informa que para alcanzar el objetivo propuesto de 400 millones de residencias utilizando este tipo de soluciones para 2030, establecido por este mismo organismo, será necesario instalar al menos 290 millones de nuevos dispositivos durante el resto de la década, con 120 millones de estos sistemas integrados con tecnologías emergentes y modelos innovadores (IEA, 2022, Kalogirou, 2022; Tillier, 2024; IEA SHC, 2025).

En este trabajo propongo que las tecnologías ETP cuentan con un gran potencial, que su funcionalidad se encuentra respaldada por la tarea innovativa y además aportan considerablemente en la generación de energías renovables. Sugiero, sin embargo, que su contribución se encuentra marginada en el escenario macroeconómico y su crecimiento futuro pudiera verse comprometido debido a una falta de enfoque o desinterés comercial de escala.

## Metodología

Con el objetivo de identificar resultados del estudio y contenido de la investigación formal y con relevancia para este trabajo, se utilizaron motores de búsqueda como ScienceDirect, ResearchGate, Google Scholar y Scopus. Las palabras y frases clave utilizadas fueron: solar thermal, passive solar, direct heat, solar thermal capacity, solar thermal status/state of the art, etc. Se hizo un sondeo del estado de la técnica y la innovación de las ETP, y se realizó una consulta de las cifras más recientes reportadas para la capacidad instalada, la producción y la penetración en el mercado global de las ETP por los principales organismos y agencias oficiales encargados del análisis y la divulgación

en materia de energía a nivel internacional, como: Solar Heat Worldwide (IEA SHC, 2025), Global Energy Review (IEA, 2025), Renewables (IEA, 2024), SolarThermal Technologies (IEA, 2022), Statistical Review of World Energy (Energy Institute, 2025), Energy Statistics Pocketbook (UN DESA, 2025), World Energy Issues Monitor (WEC, 2025), Renewable Energy Statistics (IRENA, 2025), International Energy Outlook (EIA, 2025), Energy Transition Outlook (DNV, 2024) y Annual Report (EBN, 2024). También se consultaron publicaciones de organismos relevantes en la arena del escenario y tendencias a futuro, como: New Energy Outlook (BloombergNEF, 2025), Energy Perspectives (Equinor, 2025), The Energy Security Scenarios (Shell, 2025) y Global Change Outlook-MIT (Paltsev & Schlosser, 2023). Finalmente, se realizó un examen comparativo con la información reportada por los distintos organismos poniendo en contraste los resultados.

Se recurrió a los reportes y estudios de estas entidades debido a su reconocida autoridad y experiencia en el análisis energético global. Estos organismos internacionales proporcionan datos precisos y análisis exhaustivos que permiten fundamentar las decisiones y recomendaciones en materia energética. La información obtenida de estas fuentes es crucial para entender las tendencias actuales y futuras en el sector energético, así como para desarrollar estrategias informadas y sostenibles. El periodo de investigación abarca desde 2022 hasta 2025 (se excluyen estudios previos).

## Resultados y Discusión

La exploración a través de los ecosistemas de investigación muestra que el esfuerzo en torno a las tecnologías ETP es dinámico y enfoca a una variedad de sectores e industrias, proponiendo avances en conocimiento teórico, soluciones y propuestas de aplicación. Un conjunto de publicaciones recientes presenta trabajos asociados con: cerámicos con propiedades superiores como materiales termosolares (Cunha *et al.*, 2022); análisis experimentales y numéricos de muros solares térmicos (Sornek *et al.*, 2023); soluciones con aplicaciones en arquitectura (Toroxel & Silva, 2024); secado solar con almacenamiento térmico (Bacha *et al.*, 2025); tecnologías para la refrigeración y aire acondicionado (Ghafoor & Munir, 2025); pavimentos reflectantes y sistemas de pavimentos con captación de calor (Guarino *et al.*, 2025); sistemas híbridos de calefacción para edificios en climas fríos (Hassan & Araji, 2025); estudios teóricos simulados para sistemas de almacenamiento de energía térmica basados en adsorbentes calentados con radiación solar y calor residual industrial (Narwal *et al.*, 2025); colectores solares transpirados para la recuperación de calor y el precalentamiento (Moghadam *et al.*, 2025); integración de colectores solares térmicos para calefacción de espacios y producción de agua caliente (Usta *et al.*, 2025) y deshidratadores de convección forzada para la industria alimenticia (Yasin *et al.*, 2025).

La consulta de los reportes y análisis de los principales cuerpos oficiales en materia de energía a nivel global pone de manifiesto que estas publicaciones tienden a centrarse en los temas de la transición hacia las energías limpias, la seguridad energética, las emisiones y la política relacionada, además de analizar el estado de la capacidad de generación, las tendencias en la demanda y las inversiones en infraestructura. En materia renovable, generalmente incluyen las opciones eólica y solar fotovoltaica (PV) como medios para la generación de electricidad, raramente mencionando la opción de la Energía Solar Concentrada (CSP, por sus siglas en inglés). Algunos reportes resaltan la importante demanda de calor en los sectores doméstico e industrial a nivel global, y mencionan la energía solar directa como una fuente para el suministro; pero no mencionan específicamente las tecnologías ETP en sus análisis principales (EBN, 2024; Tillier, 2024; EIA, 2025). En cuanto a escenarios y tendencias a futuro, los informes se inclinan a mencionar las energías renovables como un conjunto de tecnologías sin desagregar y definir la mezcla, y enfatizan mucho los temas de la captura de carbono, el almacenamiento, las bombas de calor, automóviles eléctricos, las baterías y el futuro del hidrógeno (Paltsev & Schlosser, 2023; BloombergNEF, 2025; Equinor, 2025; Shell, 2025). La Tabla 1 proporciona un resumen del contenido de estas publicaciones, indicando si incluyeron: energía termosolar pasiva (ETP\*), análisis de ETPs (A), capacidad de generación (C), mercados (M) y termosolaridad en general (TS).

Se encontraron tres estudios, publicados en los últimos tres años, que juntos concentran el grueso del análisis del estado reciente de las tecnologías ETP en los mercados. De acuerdo con estos reportes, en 2022 unos doscientos cincuenta millones de viviendas utilizaban dispositivos termosolares domésticos para calentar agua alrededor del mundo. Estas evaluaciones muestran que la capacidad global de las energías termosolares en cuanto a dispositivos domésticos (como colectores de agua) aumentó de 62 GWth en 2000 a 544 GWth en 2024, proponiendo que la adopción histórica de estas soluciones ha sido tangible. No obstante, durante la última década la tasa de nuevas instalaciones ETP ha decrecido más de 50% globalmente (Figura 2). Los estudios indican que tal decremento se debe,

entre otros posibles factores, a la competencia de tecnologías emergentes como el agua caliente fotovoltaica, las tecnologías híbridas de colectores térmicos fotovoltaicos y las bombas de calor (IEA 2023; DNV, 2024; IEA SHC, 2025).

Tabla 1. Resumen del contenido de los estudios analizados con relación a la ETP

Agencia/Organismo	Publicación	Año	ETP*	A	C	M	TS
Agencia Internacional de Energía	IEA SCH	Solar Heat Worldwide	2025	Si	Si	Si	Si
Agencia Internacional de Energía	IEA	Global Energy Review	2025	No	No	No	No
Energy Institute	EI	Statistical Review of World Energy	2025	No	No	No	No
Naciones Unidas	UN DESA	Energy Statistics Pocketbook	2025	No	No	No	No
The World Energy Council	WEC	World Energy Issues Monitor	2025	No	No	No	No
Int. Renewable Energy Agency	IRENA	Renewable Energy Statistics	2025	No	No	No	No
Energy Information Administration	EIA	International Energy Outlook	2025	No	No	No	Si
DNV	DNV	Energy Transition Outlook	2024	Si	Si	No	Si
Energie Beheer Nederland	EBN	Annual Report	2024	No	No	No	Si
Agencia Internacional de Energía	IEA	Renewables	2023	No	No	No	Si
Agencia Internacional de E	IEA	Solar thermal technologies...	2023	Si	Si	No	Si
Bloomberg NEF	BNEF	New Energy Outlook	2025	No	No	No	No
Equinor	Equinor	Energy Perspectives	2025	No	No	No	No
Shell	Shell	The Energy Security Scenarios	2025	No	No	No	No
J. Program on Science and Policy	MIT	Global Change Outlook	2023	No	No	No	No

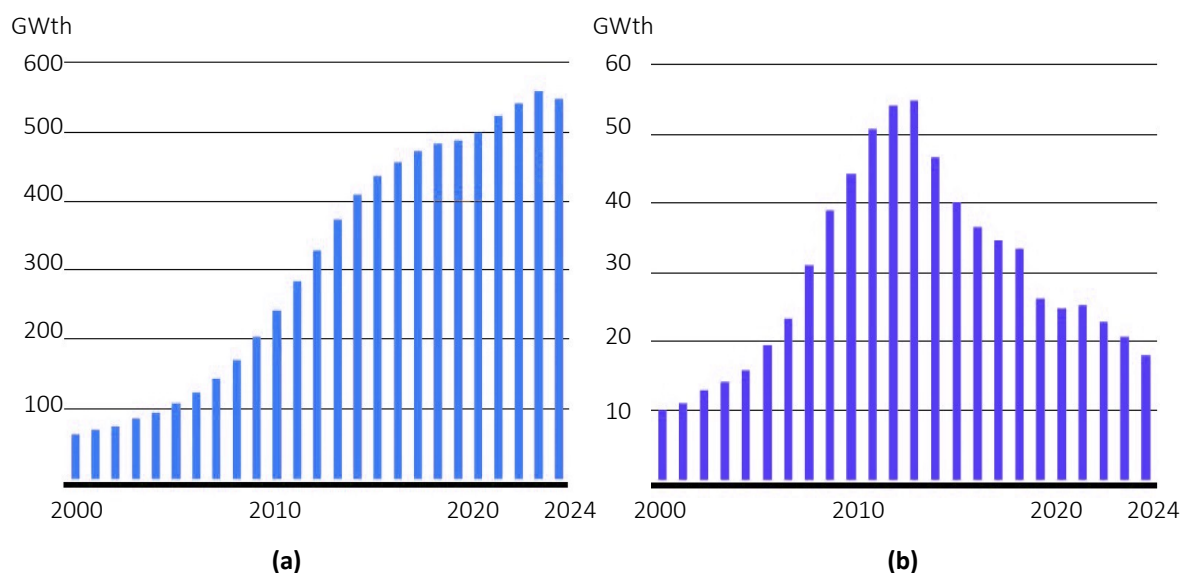


Figura 2: (a) capacidad ETP instalada global, (b) instalación agregada anualmente de ETP (GW térmicos)

Un comparativo entre la capacidad instalada de las ETP en relación con la capacidad instalada reportada para otras energías renovables consideradas en el análisis, muestra que para 2024 el potencial de operación termosolar es muy significativo en contraste con las opciones del hidrógeno, la energía solar concentrada (CSP) y la geotermia, y se encuentra rezagado tras las alternativas eólica y solar fotovoltaica (PV), como muestra la Figura 3 (IEA SHC, 2025).

A nivel mundial, una fracción de los hogares depende del calor directo como medio para la calefacción, así como en los edificios y las industrias; y en la dimensión social existen necesidades subyacentes del dominio urbano. La Agencia Internacional de Energía estima que se gestiona una expansión global del calor solar a las industrias en todo el mundo. Esto es, la extensión de las ETP a los procesos, sumándose a las instalaciones ya existentes y en operación, de las cuales la información no abunda. Afirma que actualmente hay proyectos o planificación en los cinco continentes, y

que se ha informado de 73 plantas con un total de 277 MW que se prevé se construirán para 2027, la mayoría de ellas en la Unión Europea. Esta integración a gran escala se centra en la ETP para procesos industriales y la calefacción urbana solar, con un creciente interés en los sistemas que operan hasta 250 °C. Sin embargo, los análisis consideran que las incorporaciones de estas tecnologías seguirán siendo marginales a escala global entre el presente y 2050, y que el suministro de calor por medios solares incluso disminuiría, siendo desplazado por el calor provisto por medios eléctricos. Se sugiere que los principales desafíos para alcanzar el hito de 2030 son los estándares de certificación e instalación para las tecnologías ETP (no existe armonización), las políticas discontinuas de despliegue y promoción que no favorecen el desarrollo eficiente de las industrias termosolares y el gasto en innovación, que a menudo no está alineado con las estrategias industriales (IEA 2022; DNV, 2024; IEA SHC, 2025). Una evaluación conjunta de la Agencia Internacional de Energía, la Agencia Internacional de Energías Renovables, las Naciones Unidas, el Banco Mundial y la Organización Mundial para la Salud establece que a pesar de su participación, el sector de la termosolaridad ha recibido poca atención (IEA *et al.*, 2025). Finalmente, una exploración a través del abanico de los estudios y reportes proporcionados periódicamente por los cuerpos oficiales aquí mencionados, puede constatar que la energía solar térmica, en general, no se incluye en los despliegues de la matriz energética.

La Figura 4 ejemplifica el marco regular de clasificación en la mezcla del consumo final de las energías renovables, en el cual la norma es agrupar las tecnologías o fuentes relativamente marginales en una cohorte. La participación de las ETP sería en este caso considerada en “otras renovables”, siendo esta última agrupación solamente un bloque de posibles alternativas no propiamente examinadas, pero útiles como un factor de balance general. En el despliegue típico de evaluación, la matriz energética primaria se compone de cada uno de los recursos fósiles y las fuentes nuclear, geotérmica, hidroeléctrica, las bioenergías, el viento y el sol, sin más pormenores de desagregación.

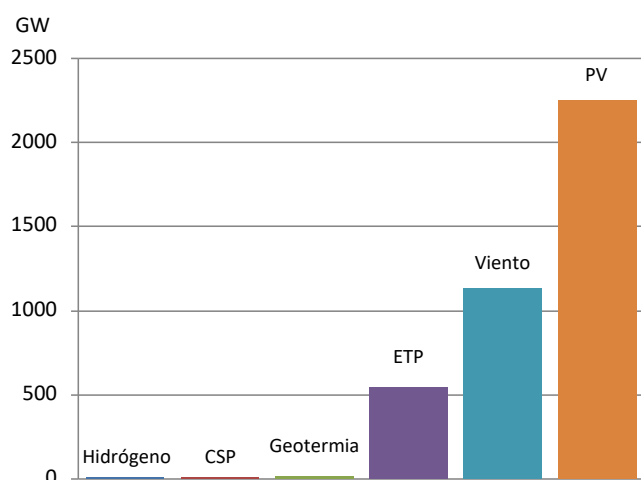


Figura 3: Capacidad instalada global; ETP (GW térmicos), H<sub>2</sub>, CSP, viento y PV (GW eléctricos). (IEA SHC, 2025)

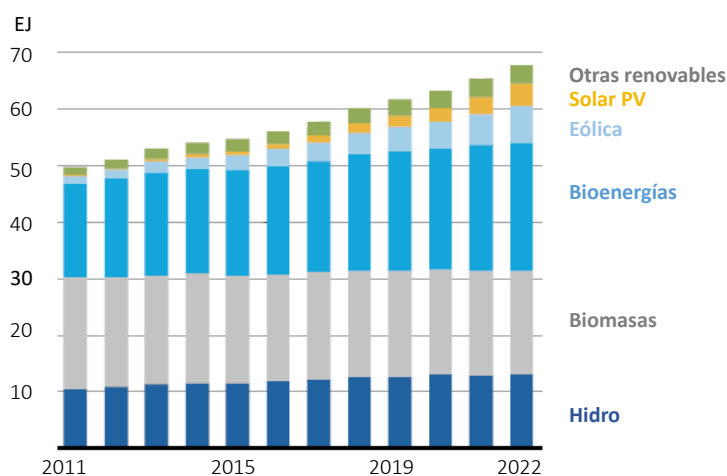


Figura 4: Matriz de consumo global de energía renovable. (IEA, IRENA, UNSD, World Bank, WHO)

## Conclusiones

La energía solar se ha consolidado como un término colectivo que abarca diversas tecnologías. Las técnicas de termosolaridad pasiva modernas (ETP) demuestran contar con potencial considerable y presencia en las economías, por lo que pueden ser escaladas para expandir su participación en la mezcla energética global. Las soluciones ETP por lo general son sencillas, prácticas y asequibles, y con un debido impulso de la ingeniería de diseño y la innovación prometen funcionalidad en los diferentes sectores socioeconómicos. No obstante, a pesar de la abundante radiación solar y la operatividad de la termosolaridad, el robusto sector térmico global depende de los combustibles fósiles. A pesar de su importante participación, las tecnologías ETP regularmente no son mencionadas como una categoría separada en las evaluaciones del presente ni en los análisis de escenarios a futuro, y reciben poca atención y apoyo político; fenómeno evidenciado por la misma falta de desarrollo y una mayor penetración. Los datos oficiales sobre el despliegue actual de estas tecnologías son escasos, y no suelen ser agregados en la matriz energética primaria o de suministro y uso final; ni siquiera en las matrices informativas de la mezcla renovable.

Para alcanzar los objetivos globales y acelerar la transición energética, el pleno desarrollo de las energías renovables es un factor crítico; e indudablemente, el desarrollo de políticas centradas en las tecnologías térmicas renovables contiene consideraciones de seguridad energética. Con base en esta situación, en este trabajo propongo que con los avances del movimiento renovable se hace prioritaria la consideración de una iniciativa coordinada conjuntamente por los agentes de desarrollo con las facultades adecuadas, como la academia, entidades consultivas competentes, organismos económicos e industriales para el impulso de las energías termosolares pasivas y sus aplicaciones en las diferentes escalas. Adicionalmente, sugiero que esta adopción de las ETP se vería beneficiada por la creación de una agenda normativa que armonice los posibles aspectos técnicos asociados a las tecnologías, así como por estrategias económicas pertinentes que fertilicen un ambiente financiero favorable para su implementación. Al centro de esta propuesta se sitúa la necesidad de edificar un planteamiento de gestión a favor de las tecnologías termosolares pasivas, y la diseminación de sus posibilidades en virtud de su viabilidad y potencial beneficio tangible. Esto es, propongo la creación de un impulso análogo al de las campañas alternativas económico-energéticas que promueven las baterías modernas, la captura de carbono o el hidrógeno combustible.

## Bibliografía

- Bacha, H. B., Joseph, A., Abdullah, A. S., & Sharshir, S. W. (2025). Innovative experimental investigation of a solar dryer with an evacuated tube solar air heater and various thermal energy storage techniques. *Case Studies in Thermal Engineering*, 69, 106018. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2025.106018>
- BloombergNEF. (2025). *New Energy Outlook 2025*. <https://about.bnef.com/>
- Cillari, G., Fantozzi, F., & Franco, A. (2020). Passive solar systems for buildings: Performance indicators analysis and guidelines for the design. *E3S Web of Conferences*, 197, 02008. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202019702008>
- Cunha, C., Pimenta, T., & Fraga, M. (2022). Development and applications of aluminum nitride thin film technology. <https://doi.org/10.5772/intechopen.106288>
- DNV. (2024). *Energy Transition Outlook 2024*. <https://www.dnv.com/publications/energy-transition-outlook-2024/>
- EBN (Energie Beheer Nederland). (2024). *Annual Report 2024*. <https://www.ebn.nl/annual-report-2024>
- EIA (U.S. Energy Information Administration). (2025). *International Energy Outlook 2025; Monthly Energy Review, July 2025*. <https://www.eia.gov/>
- Energy Institute. (2025). *Statistical Review of World Energy 2025*. ISBN 9781787254749. <https://www.energyinst.org/statistical-review/home>
- Equinor. (2025). *Energy Perspectives 2025*. <https://www.equinor.com/>
- Ghafoor, A., & Munir, A. (2015). Worldwide overview of solar thermal cooling technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 43, 763–774. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.11.073>
- Guarino, S., Lo Brano, V., & Kosny, J. (2025). Understanding the transformative potential of solar thermal technology for urban sustainability. *Frontiers in Sustainable Cities*, 7, 1583316. <https://doi.org/10.3389/frsc.2025.1583316>
- Hassan, M. A., & Araj, M. T. (2025). Integrated solar water and air heating: A control-based study for thermally active buildings. *Energy and Buildings*, 345, 116135. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2025.116135>
- IEA. (2022). *Solar Thermal Technologies Deployed in Around 400 Million Dwellings by 2030*. <https://www.iea.org/reports/solar-thermal-technologies-deployed-in-around-400-million-dwellings-by-2030>
- IEA. (2023). *World Energy Outlook 2023*. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023>
- IEA. (2024). *Renewables 2023*. <https://www.iea.org/reports/renewables-2023>
- IEA. (2025). *Global Energy Review 2025*. <https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2025>
- IEA, IRENA, UNSD, World Bank, & WHO. (2025). *Tracking SDG 7: The Energy Progress Report*. World Bank. <https://www.irena.org/>
- IEA SHC (Solar Heating and Cooling Programme). (2025). *Solar Heat Worldwide 2025*. <https://www.iea-shc.org/>
- IRENA. (2025). *Renewable Energy Statistics 2025*. International Renewable Energy Agency. <https://www.irena.org/>
- Kalogirou, S. A. (2022). Solar thermal energy: History. In S. Alexopoulos & S. A. Kalogirou (Eds.), *Solar Thermal Energy*. Springer. [https://doi.org/10.1007/978-1-0716-1422-8\\_1106](https://doi.org/10.1007/978-1-0716-1422-8_1106)
- Kren, A., Pilewskie, P., & Coddington, O. (2017). Where does Earth's atmosphere get its energy? *Journal of Space Weather and Space Climate*. <https://doi.org/10.1051/swsc/2017007>
- Moghadam, T. T., Bruton, K., O'Sullivan, D. T. J., & Norton, B. (2025). Energy efficient achievement of indoor air quality and thermal comfort using mechanical ventilation heat recovery and solar-energy pre-heating. *Energy Conversion and Management*, 327, 119528. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2025.119528>
- Narwal, K., Kempers, R., & O'Brien, P. G. (2025). Enhanced energy storage density in thermal energy storage systems simultaneously heated with solar radiation and industrial waste heat. *Results in Engineering*, 25, 103792. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.103792>
- Paltsev, S., & Schlosser, C. A. (2023). *2023 Global Change Outlook*. MIT Joint Program on the Science and Policy of Global Change. <https://cs3.mit.edu/publications/signature/2023-global-change-outlook>
- Senyonyi, B., Mahmoud, H., & Hassan, H. (2025). Systematic review of solar techniques in zero energy buildings. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 27, 727–772. <https://doi.org/10.1007/s10098-024-03004-9>
- Shell. (2025). *The 2025 Energy Security Scenarios*. <https://www.shell.com/>
- Sornek, K., Papis-Frączek, K., Calise, F., Cappiello, F. L., & Vicidomini, M. (2023). A review of experimental and numerical analyses of solar thermal walls. *Energies*, 16(7), 3102. <https://doi.org/10.3390/en16073102>
- Tillier, E. (2024). *RHC ETIP: European Technology and Innovation Platform on Renewable Heating and Cooling. D5.2 RHC ETIP ID GA 101075746*. <https://www.rhc-platform.org/>

- 
- Toroxel, J., & Silva, S. (2024). A review of passive solar heating and cooling technologies based on bioclimatic and vernacular architecture. *Energies*, 17. <https://doi.org/10.3390/en17051006>
- Usta, Y., Montazeri, A., & Mutani, A. (2025). Feasibility analysis of integrating solar thermal technologies into district heating network with urban building energy modeling. *Energy and Buildings*, 338, 115661. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2025.115661>
- UN DESA. (2025). *Energy Statistics Pocketbook (Series E no. 8)*. <https://unstats.un.org/unsd/energystats/pubs/documents/2025pb-web.pdf>
- Vanegas-Chamorro, et al. (2022). Current status of solar-thermal and solar-photovoltaic technology development at the international level. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 12(6), 112–122. <https://doi.org/10.32479/ijeep.13699>
- Weingart, J. M. (1979). Global aspects of sunlight as a major energy source. *Energy*, 4(5), 775–798. [https://doi.org/10.1016/0360-5442\(79\)90011-2](https://doi.org/10.1016/0360-5442(79)90011-2)
- World Energy Council. (2013). *World Energy Resources 2013 Survey*. ISBN 9780946121298. <https://realenergyllc.com/publications/entry/world-energy-resources-2013-survey.html>
- WEC (World Energy Council). (2025). *World Energy Issues Monitor 2025*. <https://www.worldenergy.org/>
- Yasin Kerse, A., Tadele Embiale, D., & Gudeta Gunjo, D. (2025). Dehydration of red chilli using an indirect type forced convection solar dryer integrated with thermal energy storage. *International Journal of Thermofluids*, 26, 101045. <https://doi.org/10.1016/j.ijft.2024.101045>