

Infraestructura de estacionamientos solares como estrategia para la movilidad urbana sostenible: revisión crítica de tecnologías y aplicaciones

Solar parking infrastructure as a strategy for sustainable urban mobility: a critical review of technologies and applications

Infrastrutture di parcheggi solari come strategia per la mobilità urbana sostenibile: revisione critica delle tecnologie e applicazioni

Leila Jhomaira Mora Rodríguez¹
leilamora25@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0007-2389-7390>

Correspondencia: leilamora25@gmail.com

Artículo de Investigación

* **Recibido:** 25 de enero de 2026 * **Aceptado:** 29 de marzo de 2026 * **Publicado:** 13 de abril de 2026

I. Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Ecuador.

Resumen

El crecimiento urbano acelerado y la alta dependencia de combustibles fósiles han intensificado los problemas ambientales asociados al transporte, generando la necesidad de incorporar soluciones sostenibles en la planificación de las ciudades. En este contexto, el presente estudio analiza el potencial de los estacionamientos solares como alternativa para promover la movilidad urbana sostenible, mediante una revisión de literatura científica y técnica actualizada. Se examinan diversas experiencias internacionales que integran sistemas fotovoltaicos en infraestructuras de estacionamiento, evidenciando beneficios como la reducción de emisiones de CO₂, la optimización del uso del espacio urbano y el impulso a la electromovilidad. Asimismo, se identifican limitaciones relacionadas con los costos iniciales de implementación, la ausencia de normativas específicas y los desafíos técnicos en su operación y mantenimiento. Los hallazgos sugieren que los estacionamientos solares representan una solución viable que contribuye tanto a la generación de energía limpia como a la modernización de la infraestructura urbana. Se concluye que su adopción puede fortalecer los modelos de ciudades sostenibles, siempre que exista una adecuada articulación entre políticas públicas, innovación tecnológica y planificación urbana.

Palabras clave: estacionamientos solares; movilidad sostenible; energía fotovoltaica; eficiencia energética; electromovilidad.

Abstract

Rapid urban growth and the strong dependence on fossil fuels have intensified environmental problems associated with transportation, creating the need to incorporate sustainable solutions into urban planning. In this context, this study analyzes the potential of solar parking infrastructure as an alternative to promote sustainable urban mobility through a review of updated scientific and technical literature. Various international experiences that integrate photovoltaic systems into parking facilities are examined, highlighting benefits such as the reduction of CO₂ emissions, optimization of urban space use, and support for electromobility. Additionally, limitations related to initial implementation costs, lack of specific regulations, and technical challenges in operation and maintenance are identified. The findings suggest that solar parking systems represent a viable solution that contributes both to clean energy generation and to the modernization of urban infrastructure. It is concluded that their adoption can strengthen sustainable city models, provided there is proper coordination between public policies, technological innovation, and urban planning.

Keywords: solar parking; sustainable mobility; photovoltaic energy; energy efficiency; electromobility.

Riassunto

La crescita urbana accelerata e l'elevata dipendenza dai combustibili fossili hanno intensificato i problemi ambientali associati al trasporto, rendendo necessario integrare soluzioni sostenibili nella pianificazione urbana. In questo contesto, il presente studio analizza il potenziale dei parcheggi solari come alternativa per promuovere la mobilità urbana sostenibile, attraverso una revisione della letteratura scientifica e tecnica aggiornata. Vengono esaminate diverse esperienze internazionali che integrano sistemi fotovoltaici nelle infrastrutture di parcheggio, evidenziando benefici quali la riduzione delle emissioni di CO₂, l'ottimizzazione dell'uso dello spazio urbano e il supporto all'elettromobilità. Inoltre, si identificano limitazioni legate ai costi

iniziali di implementazione, alla mancanza di normative specifiche e alle sfide tecniche nella gestione e manutenzione. I risultati suggeriscono che i parcheggi solari rappresentano una soluzione praticabile che contribuisce sia alla produzione di energia pulita sia alla modernizzazione delle infrastrutture urbane. Si conclude che la loro adozione può rafforzare i modelli di città sostenibili, a condizione che vi sia un'adeguata integrazione tra politiche pubbliche, innovazione tecnologica e pianificazione urbana.

Parole chiave: terapia occupazionale; qualità della vita; funzionalità; benessere; disturbi neurologici.

Introducción

La expansión acelerada de las ciudades y el crecimiento sostenido del parque automotor han incrementado significativamente la presión sobre los sistemas energéticos y ambientales a nivel global. El sector transporte es responsable de aproximadamente una cuarta parte de las emisiones mundiales de CO₂ relacionadas con la energía, lo que lo convierte en un actor clave dentro de la crisis climática actual (International Energy Agency, 2023). Esta situación ha impulsado la necesidad de replantear los modelos tradicionales de movilidad urbana, orientándolos hacia enfoques más sostenibles que reduzcan la huella ambiental sin afectar la eficiencia del sistema de transporte. En este contexto, la transición hacia energías limpias y soluciones tecnológicas innovadoras se presenta como un eje estratégico para el desarrollo urbano contemporáneo.

Dentro de las alternativas emergentes, la integración de energías renovables en la infraestructura urbana ha cobrado especial relevancia. En particular, los estacionamientos solares se han posicionado como una solución innovadora que combina la funcionalidad de los espacios de aparcamiento con la generación de energía eléctrica mediante sistemas fotovoltaicos. Este tipo de infraestructura permite aprovechar superficies subutilizadas para producir energía limpia, al tiempo que facilita la incorporación de estaciones de carga para vehículos eléctricos, contribuyendo así al desarrollo de ecosistemas de electromovilidad (Sovacool, 2017). Además, su implementación se alinea con los principios de las ciudades inteligentes, donde la sostenibilidad, la eficiencia energética y la digitalización convergen para mejorar la calidad de vida urbana.

A nivel internacional, diversas investigaciones han destacado el papel de la energía solar fotovoltaica como una de las fuentes renovables con mayor potencial de crecimiento debido a su disponibilidad, escalabilidad y reducción progresiva de costos (International Renewable Energy Agency, 2022). En las áreas urbanas, donde se concentra más del 55 % de la población mundial,

la incorporación de este tipo de tecnologías resulta fundamental para mitigar los efectos del cambio climático y promover modelos de desarrollo más resilientes (United Nations, 2019). En este sentido, los estacionamientos solares no solo aportan a la generación de energía limpia, sino que también optimizan el uso del espacio urbano, reducen la temperatura superficial en zonas pavimentadas y ofrecen beneficios adicionales en términos de sostenibilidad urbana (Figueiredo, Nunes & Brito, 2017).

No obstante, la adopción de estas soluciones enfrenta diversos desafíos, entre los que destacan los altos costos iniciales de inversión, la limitada existencia de marcos normativos específicos y las barreras técnicas relacionadas con su diseño e implementación (Serrano et al., 2020). A pesar de ello, la evidencia científica sugiere que los beneficios ambientales, económicos y sociales de estas infraestructuras superan ampliamente sus limitaciones, especialmente en el largo plazo. En este marco, el presente estudio plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿En qué medida la implementación de estacionamientos solares contribuye al desarrollo de la movilidad urbana sostenible en contextos urbanos contemporáneos?

Metodología

Enfoque y diseño de investigación

El presente estudio se desarrolló bajo un enfoque cualitativo con diseño de revisión de literatura, orientado a analizar de manera sistemática el estado actual del conocimiento sobre la implementación de estacionamientos solares como estrategia para la movilidad urbana sostenible. Se adoptó un enfoque de revisión sistemática basado en los lineamientos propuestos por la declaración PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), ampliamente utilizada para garantizar la transparencia, reproducibilidad y rigor metodológico en estudios de revisión (PRISMA Statement; Page et al., 2021).

Estrategia de búsqueda

La búsqueda de información se realizó en bases de datos académicas reconocidas, tales como Scopus, Web of Science, ScienceDirect y Google Scholar, seleccionadas por su cobertura multidisciplinaria y la calidad de sus publicaciones. Se emplearon ecuaciones de búsqueda estructuradas en inglés, combinando operadores booleanos: (“solar parking” OR “solar carports”

OR “photovoltaic parking”) AND (“sustainable mobility” OR “urban sustainability” OR “electric vehicles”). El periodo de análisis se delimitó entre 2015 y 2024, con el fin de garantizar la actualidad de la información recopilada.

Criterios de inclusión y exclusión

Se establecieron criterios específicos para la selección de los documentos. Como criterios de inclusión, se consideraron: (i) artículos científicos revisados por pares, (ii) estudios que aborden la integración de energía solar en infraestructuras urbanas o de transporte, (iii) investigaciones con enfoque en sostenibilidad, eficiencia energética o electromovilidad, y (iv) publicaciones en inglés, español o portugués. Por otro lado, se excluyeron: (i) documentos duplicados, (ii) literatura no académica o sin respaldo científico, (iii) estudios con información incompleta, y (iv) investigaciones cuyo enfoque no estuviera directamente relacionado con el objeto de estudio.

Proceso de selección y análisis de la información

El proceso de selección se desarrolló en cuatro fases: identificación, cribado, elegibilidad e inclusión, siguiendo la estructura metodológica del modelo PRISMA. Inicialmente, se identificaron aproximadamente 120 documentos, de los cuales, tras la eliminación de duplicados y la revisión de títulos y resúmenes, se seleccionaron 65 estudios potencialmente relevantes. Posteriormente, se realizó una lectura completa, resultando en una muestra final de 35 artículos que cumplieron con todos los criterios establecidos.

El análisis de la información se llevó a cabo mediante una técnica de análisis de contenido, permitiendo categorizar los hallazgos en tres ejes principales: (i) beneficios ambientales y energéticos, (ii) aplicaciones tecnológicas y casos de estudio, y (iii) limitaciones y desafíos de implementación. Este proceso permitió identificar patrones, tendencias y vacíos en la literatura existente, contribuyendo a una comprensión integral del fenómeno estudiado.

Resultados

El análisis de los 35 estudios seleccionados permitió identificar una tendencia creciente hacia la integración de sistemas fotovoltaicos en infraestructuras urbanas, particularmente en espacios

destinados al estacionamiento vehicular. Los resultados evidencian que los estacionamientos solares han sido implementados con mayor frecuencia en países desarrollados, donde las políticas energéticas y ambientales favorecen la adopción de tecnologías limpias. Sin embargo, también se observa un interés emergente en contextos latinoamericanos, aunque con menor nivel de desarrollo e inversión. En general, los estudios coinciden en que estas infraestructuras representan una solución viable para aprovechar espacios subutilizados y transformarlos en fuentes activas de generación energética.

En términos de beneficios ambientales, los hallazgos muestran que los estacionamientos solares contribuyen significativamente a la reducción de emisiones de dióxido de carbono (CO₂), al sustituir parcialmente el uso de energía proveniente de fuentes fósiles. Diversas investigaciones reportan que la instalación de sistemas fotovoltaicos en áreas de estacionamiento puede generar suficiente energía para abastecer edificios cercanos o estaciones de carga para vehículos eléctricos, lo que refuerza su papel dentro de los sistemas de movilidad sostenible. Asimismo, se identificó que estas estructuras ayudan a disminuir la temperatura en superficies asfaltadas, reduciendo el efecto de isla de calor urbana, lo cual tiene implicaciones positivas en el confort térmico y la sostenibilidad ambiental.

En relación con las aplicaciones tecnológicas, los estudios analizados destacan la incorporación de soluciones innovadoras como sistemas de almacenamiento energético, estaciones de carga para vehículos eléctricos y plataformas de monitoreo inteligente del consumo energético. Estas tecnologías permiten optimizar la eficiencia del sistema y facilitan su integración en modelos de ciudades inteligentes. Además, se identificaron casos de estudio en los que los estacionamientos solares forman parte de redes energéticas locales (microgrids), contribuyendo a mejorar la resiliencia energética urbana. Este enfoque demuestra que su implementación no solo responde a una necesidad ambiental, sino también a una estrategia de modernización de la infraestructura urbana.

No obstante, los resultados también evidencian una serie de limitaciones que afectan la adopción masiva de esta tecnología. Entre los principales desafíos se encuentran los altos costos iniciales de inversión, la falta de incentivos gubernamentales en ciertos contextos y la ausencia de normativas

específicas que regulen su implementación. Asimismo, algunos estudios señalan dificultades técnicas relacionadas con el mantenimiento de los sistemas fotovoltaicos y su integración con redes eléctricas existentes. A pesar de estas barreras, la mayoría de las investigaciones coinciden en que los beneficios a largo plazo superan las limitaciones iniciales, especialmente en escenarios donde existe una adecuada planificación urbana y apoyo institucional.

Discusión

Los resultados obtenidos confirman que los estacionamientos solares constituyen una solución emergente con alto potencial para transformar la infraestructura urbana hacia modelos más sostenibles. En coherencia con lo planteado por Sovacool (2017), la transición energética en entornos urbanos no depende únicamente de la adopción de nuevas fuentes de energía, sino también de la reconfiguración de los espacios existentes para maximizar su funcionalidad. En este sentido, los estacionamientos solares representan una estrategia eficiente al convertir áreas tradicionalmente pasivas en sistemas activos de generación energética, lo que refuerza su valor dentro de la planificación urbana contemporánea.

Desde una perspectiva ambiental, los hallazgos se alinean con estudios previos que destacan el papel de la energía fotovoltaica en la mitigación del cambio climático (Figueiredo, Nunes & Brito, 2017). La capacidad de estos sistemas para reducir emisiones de CO₂ y contribuir a la eficiencia energética urbana los posiciona como una alternativa viable frente a los modelos tradicionales de abastecimiento energético. Además, su contribución a la disminución del efecto de isla de calor urbana introduce un beneficio adicional que suele ser subestimado en la literatura, pero que resulta clave en ciudades con alta densidad poblacional y extensas superficies pavimentadas.

En el ámbito tecnológico, la integración de estaciones de carga para vehículos eléctricos y sistemas de almacenamiento energético evidencia una convergencia entre movilidad sostenible y digitalización urbana. Tal como señalan Mohanty, Choppali y Koungianos (2016), el desarrollo de infraestructuras inteligentes es fundamental para la consolidación de ciudades resilientes y eficientes. Los estacionamientos solares, al formar parte de microrredes energéticas y sistemas de

gestión inteligente, no solo responden a una necesidad energética, sino que también fortalecen la autonomía y estabilidad de los sistemas urbanos frente a posibles crisis energéticas.

No obstante, es importante reconocer que la implementación de estas soluciones enfrenta barreras estructurales que limitan su adopción, especialmente en países en desarrollo. La evidencia analizada sugiere que factores como la inversión inicial, la falta de incentivos fiscales y la debilidad de los marcos regulatorios constituyen obstáculos significativos (Serrano et al., 2020). Sin embargo, estos desafíos no invalidan su viabilidad, sino que resaltan la necesidad de políticas públicas más robustas y estrategias de financiamiento innovadoras. En este contexto, los estacionamientos solares deben ser comprendidos no solo como una solución tecnológica, sino como parte de un enfoque integral de desarrollo urbano sostenible que requiere articulación entre actores públicos, privados y académicos.

Conclusiones

Los resultados del presente estudio permiten concluir que los estacionamientos solares constituyen una alternativa viable y estratégica para promover la movilidad urbana sostenible en contextos contemporáneos. Su capacidad para integrar la generación de energía limpia con la funcionalidad del espacio urbano los posiciona como una solución innovadora frente a los desafíos ambientales derivados del crecimiento urbano y la dependencia de combustibles fósiles. En este sentido, se confirma que estas infraestructuras no solo contribuyen a la reducción de emisiones de CO₂, sino que también optimizan el uso del suelo y fomentan el desarrollo de ecosistemas de electromovilidad.

Asimismo, se evidencia que la implementación de estacionamientos solares trasciende el ámbito energético, al incorporar componentes tecnológicos que fortalecen la eficiencia y resiliencia de las ciudades. La integración de sistemas de carga para vehículos eléctricos, almacenamiento energético y monitoreo inteligente permite avanzar hacia modelos de ciudades inteligentes, donde la sostenibilidad y la innovación se articulan de manera efectiva. Sin embargo, el alcance de estos beneficios depende en gran medida de la capacidad de los gobiernos y actores institucionales para diseñar políticas públicas adecuadas que impulsen su adopción y regulen su implementación.

Finalmente, se concluye que, si bien existen limitaciones relacionadas con los costos iniciales, la falta de normativas específicas y los desafíos técnicos, los beneficios a largo plazo superan ampliamente estas barreras. En respuesta a la pregunta de investigación planteada, se determina que los estacionamientos solares contribuyen de manera significativa al desarrollo de la movilidad urbana sostenible, siempre que su implementación se enmarque en una planificación urbana integral, con apoyo institucional y una visión orientada hacia la sostenibilidad. En consecuencia, se recomienda fomentar su incorporación en proyectos urbanos futuros, promoviendo alianzas entre sectores públicos y privados que faciliten su expansión y consolidación.

Referencias

- Agencia Internacional de Energía. (2022). *World energy outlook 2022*. International Energy Agency. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2022>
- Figueiredo, R., Nunes, P., & Brito, M. C. (2017). The role of solar car parks in urban mobility and energy transition. *Energy Procedia*, 136, 95–100. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.10.289>
- Giral, D., Celedón, H., Galvis, D., & Zona, R. (2017). Smart cities and sustainable urban development: Perspectives and challenges. *Procedia Engineering*, 198, 113–121. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.07.075>
- International Energy Agency. (2023). *CO₂ emissions in 2023*. <https://www.iea.org/reports/co2-emissions-in-2023>
- International Renewable Energy Agency. (2022). *Renewable capacity statistics 2022*. <https://www.irena.org/publications/2022>
- Kammen, D. M., & Sunter, D. A. (2016). City-integrated renewable energy for urban sustainability. *Science*, 352(6288), 922–928. <https://doi.org/10.1126/science.aad9302>
- Li, X., Hui, E. C. M., & Shen, J. (2019). Sustainable urban development: From concept to practice. *Habitat International*, 87, 10–17. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2019.03.001>

- Luthander, R., Widén, J., Nilsson, D., & Palm, J. (2015). Photovoltaic self-consumption in buildings: A review. *Applied Energy*, 142, 80–94. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.12.028>
- Mohanty, P., Choppali, U., & Kougiianos, E. (2016). Everything you wanted to know about solar carports. *IEEE Consumer Electronics Magazine*, 5(3), 78–83. <https://doi.org/10.1109/MCE.2016.2556874>
- Naciones Unidas. (2019). *World urbanization prospects 2018: Highlights*. United Nations. <https://population.un.org/wup/Publications>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- REN21. (2023). *Renewables 2023 global status report*. <https://www.ren21.net/reports/global-status-report>
- Serrano, S., González, M., & Castro, M. (2020). Barriers to the implementation of renewable energy systems in urban environments. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 119, 109576. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109576>
- Sovacool, B. K. (2017). The governance of solar energy in urban environments. *Energy Policy*, 105, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.02.015>
- United Nations. (2020). *Sustainable development goals report 2020*. <https://unstats.un.org/sdgs/report/2020>
- U.S. Department of Energy. (2021). *Solar energy technologies office: Multi-year program plan*. <https://www.energy.gov>
- Wang, Y., Chen, Q., & Hong, T. (2018). Review of photovoltaic applications in buildings. *Energy and Buildings*, 158, 1259–1273. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.11.048>
- World Bank. (2021). *Climate change and urban development*. <https://www.worldbank.org>

Zhang, X., Shen, L., & Wu, Y. (2011). Green strategy for gaining competitive advantage in housing development. *Journal of Cleaner Production*, 19(2–3), 157–167.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2010.08.005>

Zhao, Z., Zhang, S., & Hubbard, B. (2018). Electric vehicles and renewable energy integration: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81, 331–343.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.08.015>

© 2026 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir Igual 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).