

## **(02-037) - SOLAR-POWERED URBAN ENVIRONMENT: OPORTUNITIES AND CONSTRAINTS FROM ECODESIGN PERSPECTIVE**

Pacheco-Blanco, Bélgica <sup>1</sup>; Pérez-Belis, Victoria <sup>1</sup>; Viñoles-Cebolla, Rosario <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universitat Politècnica de València

The incorporation of photovoltaic panels into urban settings is a crucial step towards fostering responsible urban development and diminishing the carbon footprint of cities. Adopting an ecodesign approach for solar-powered products in urban areas presents an opportunity to enhance circularity. This means improving product designs to minimize environmental impact throughout their lifecycle. The purpose of this study is to conduct a thorough analysis of integrating solar panels into urban landscapes through the lens of ecodesign. This will involve identifying both the opportunities and challenges presented. The PRISMA method will be employed to systematically review existing literature. The outcomes of this analysis will elucidate the chronological development of this subject and categorize the principal thematic areas that have spurred initiatives in this domain.

Keywords: photovoltaic panel; urban furniture; ecodesign; circular economy.

### **INTEGRACIÓN DE PANELES SOLARES EN EL ENTORNO URBANO: OPORTUNIDADES Y LIMITACIONES DESDE EL ECODISEÑO**

La integración de paneles fotovoltaicos en entornos urbanos se revela como un elemento esencial para fomentar un desarrollo urbano responsable y reducir la huella de carbono de las ciudades. En este marco, la consideración del ecodiseño en productos alimentados por energía solar destinados a entornos urbanos brinda la oportunidad de optimizar la circularidad, es decir, mejorar el diseño de productos reduciendo el impacto ambiental a lo largo de su ciclo de vida. El objetivo central de esta comunicación es realizar un análisis exhaustivo sobre la integración de paneles solares en el entorno urbano desde la perspectiva del ecodiseño, con la finalidad de identificar tanto oportunidades como limitaciones. Para llevar a cabo este análisis, se empleará el método PRISMA, para la revisión de la literatura disponible. Los resultados obtenidos permitirán visualizar la evolución temporal del tema así como la categorización de las principales áreas temáticas que han dado lugar a iniciativas en este campo.

Palabras clave: panel solar; mobiliario urbano; ecodiseño; economía circular

Correspondencia: vicprebe@upv.es



## 1. Introducción

En el contexto de una transición hacia modelos energéticos más sostenibles, la integración de paneles fotovoltaicos en entornos urbanos emerge como un componente esencial para promover un desarrollo urbano responsable y atenuar la huella de carbono de las ciudades. La generación de energía eléctrica mediante paneles solares fotovoltaicos se ha convertido en una de las fuentes de energía renovables más populares para mitigar el cambio climático y lograr la neutralidad global en las emisiones de CO<sub>2</sub>. En 2018 (Asonja), se calculaba que un panel fotovoltaico emite 0 kg de CO<sub>2</sub> por cada 1 kWh a la atmósfera, mientras que reduce en 0.568 kg de CO<sub>2</sub>, además de combustibles fósiles evitados y la autosuficiencia energética (Arias-Navarro et al., 2023)

La capacidad global de instalación solar ha experimentado un notable aumento, alcanzando los 849 GW en 2021, con una proyección de crecimiento anual del 25% hasta 2030 (IRENA, 2022; IEA, 2020). Este impulso responde a la urgente necesidad de reducir la dependencia de los combustibles fósiles y cumplir con los objetivos de energías renovables, considerando los impactos del cambio climático y la finitud de los recursos. Sin embargo, a pesar de los beneficios inherentes, los sistemas fotovoltaicos enfrentan desafíos ambientales, particularmente en cuanto a la gestión de emisiones de CO<sub>2</sub> a lo largo de su ciclo de vida (Nyffenegger et al., 2024).

Entre los acuerdos que impulsan esta tecnología destaca la Agenda 2030 adoptada por la ONU introduce 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) con 169 metas asociadas, entre las que se encuentran ciudades y comunidades sostenibles, consumo y producción responsables, y acción por el clima (UN, 2015); la Estrategia de Adaptación de la UE al Cambio Climático (EU, 2013), el Pacto Verde Europeo (EU, 2019), la Emergencia Climática y Ambiental (EP, 2019); o el Acuerdo de París (UN, 2015), sirven de incentivos para la cooperación que se puede establecer a través de la aplicación de la temática planteada en este documento. En este contexto, el enfoque de ecodiseño emerge como una estrategia clave para desarrollar tecnologías solares más eficientes y sostenibles, manteniendo la calidad y la competitividad económica (Cellura, 2024). La aplicación de ecodiseño en productos alimentados por energía solar dirigidos a entornos urbanos presenta una oportunidad para optimizar la circularidad y reducir el impacto ambiental a lo largo de su vida útil.

Este artículo aborda la investigación sobre la aplicación del ecodiseño en productos solares para entornos urbanos, con el objetivo de identificar contribuciones significativas a través de un análisis exhaustivo de la literatura. La metodología de investigación se presenta en la Sección 2, seguida de los resultados descriptivos en la Sección 3 y las conclusiones y discusiones en la Sección 4. El estudio se estructura para proporcionar una visión integral de las prácticas actuales y las oportunidades futuras en el diseño de productos solares urbanos, con un enfoque particular en la optimización ambiental y la circularidad.

## 2. Método

El objetivo planteado se desarrolla a partir de la identificación de la literatura, siguiendo los pasos de una revisión sistemática de la literatura (PRISMA, Page et al, 2021; Cellura et al,

2024). Posteriormente se seleccionan los artículos objeto de estudio y se analizan en base a la rueda de las estrategias de Ecodiseño (van Hemel, Brezet, 1997).

## 2.1 Revisión Sistemática de la Literatura

Una revisión sistemática de la literatura se concibe como un estudio formal del estado del arte en una disciplina específica, realizado de manera rigurosa y coherente, fundamentado en una planificación y ejecución meticulosas que garanticen una estructura clara, sin ambigüedades y reproducible (Carneiro et al., 2021). Sus raíces históricas se encuentran en la medicina, donde la revisión sistemática respalda la práctica médica basada en la evidencia científica, estableciendo una secuencia de pasos definidos metodológicamente de acuerdo con un protocolo de investigación explícito (Piccarozzi et al., 2018). Según la definición de Tranfield et al. (2003), una revisión sistemática se caracteriza por tres etapas principales: planificación, ejecución y presentación de los resultados (Tabla 1).

**Tabla 1. Fases de una revisión sistemática (Adaptado de Carneiro et al., 2021)**

Fase	Tarea	
<b>Planificación</b>	Definir protocolo de Desarrollo de investigación	
	Identificar palabras clave y bases de datos	
<b>Ejecución</b>	Búsqueda electrónica en BBDD con criterios de inclusión y exclusión	Eliminar duplicados
	Revisión de títulos y resumen de cada artículo	Eliminar documentos con títulos o resúmenes no relacionados
	Revisión completa de cada documento descargado	Eliminar documentos, después de una lectura completa y análisis de contenidos que no se relacionen con la temática investigada.
	Análisis bibliométrico y clasificación de la temática	
<b>Comunicación</b>	Comunicación de hallazgos	

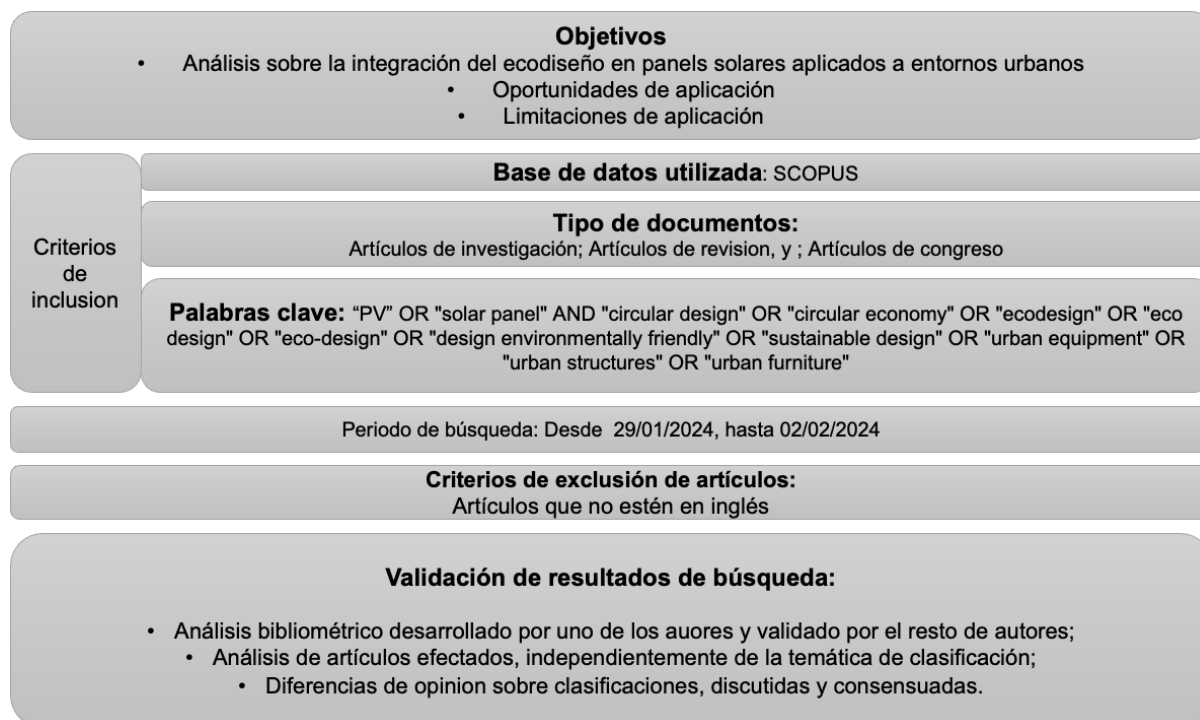
A través de las fases y tareas de la planificación, se obtuvo una selección de artículos relevantes, sobre los que se ha construido un registro y organización de contenidos.

La Planificación consiste en definir una secuencia de pasos que ayuden a limitar sesgos sistemáticos. Popay et al. (2006) ha sido usado como referencia en dichos pasos donde se resumen los objetivos, estrategias y parámetros de la selección extraída de artículos. En esta fase se tiene en cuenta: el tiempo cubierto, la base de datos, palabras clave, tipo de documento, etc. (Figura 1)).

En la última semana de enero de 2024 se efectuaron las combinaciones de palabras clave, que ayudaron a guiar esta búsqueda. Se efectuó la selección en base al primer filtro (380 resultados), que posteriormente fue revisado la primera semana de abril y mostró un aumento moderado de resultados. Se efectuó la revisión definitiva de títulos y resúmenes (primera

semana de abril), 103 documentos fueron descargados y organizados con Mendeley (website), que posteriormente permitió efectuar el análisis final (lectura completa de documentos).

**Figura 1. Planificación del análisis (Adaptado de Carneiro et al., 2021)**



La definición de la Base de Datos seleccionada para esta revisión se centra en Scopus. La selección de los artículos se inicia con la búsqueda y disponibilidad de estos, en tal base de datos.

Las Palabras Clave ayudan a definir el primer filtro de selección de artículos de la base de datos. Dado el alcance de este trabajo, la búsqueda se centra en: "PV" OR "solar panel" AND "circular design" OR "circular economy" OR "ecodesign" OR "eco design" OR "eco-design" OR "design environmentally friendly" OR "sustainable design" OR "urban equipment" OR "urban structures" OR "urban furniture". Esta estructura permite incluir todos los términos relacionados con el objeto de búsqueda y ampliar el campo de investigación.

Los Criterios de inclusión/exclusión definidos, consideran palabras clave que deben estar incluidas en el título, resumen y palabras clave. Asimismo, se seleccionan artículos de investigación, artículos de revisión o artículos de congresos. Se excluyen capítulos de libros y monografías por no estar sometidos a una revisión por pares (Piccarozzi et al., 2018). Finalmente, se seleccionan aquellos que han sido publicados en inglés y disponibles para descarga.

La búsqueda inicial de palabras clave, arroja 395 resultados en SCOPUS. Posteriormente se introdujeron los criterios de inclusión/exclusión, quedando 361 artículos.

El análisis de resultados de la plataforma nos permite observar una cantidad constante de publicaciones desde 1996 hasta 2013, con un leve aumento de publicaciones en 2011. Sin embargo, no es hasta 2017 cuando la comunidad científica dispara su interés en temas

relacionados con PV (13 publicaciones). A partir de estos datos iniciales observados, se establece el límite temporal “desde 2017, hasta 2024”. De lo que se obtienen 308 resultados, que son revisados y seleccionados según afinidad con el objeto de estudio. Una primera lectura del título y del resumen, nos permite seleccionar 103 documentos.

Se revisa la selección completa con el objetivo de no dejar fuera conceptos que pudieran ser relevantes o poder ampliar los criterios de selección. Asimismo, para contemplar el estado de avance de las tecnologías fotovoltaica. Finalmente, y para garantizar que los artículos que habíamos seleccionado estaban alineados con nuestro objeto de análisis, leímos cada uno en su totalidad, y redujimos la selección a 19 documentos. El orden seguido para el análisis permite obtener resultados que pueden mostrar en primer lugar un número significativo de relaciones en el análisis descriptivo y luego, un número gestionable de artículos para la obtención de resultados.

## 2.2 Estrategias de ecodiseño contempladas en la selección de artículos

A partir de la selección inicial de 19 artículos, se efectúa una lectura completa, de forma que podamos identificar las estrategias que se abordan en cada aplicación. Las estrategias de ecodiseño han sido ampliamente extendidas en la industria, para la consideración del ciclo de vida de productos y servicios, en el marco de la metodología Promise (Brezet, van Hemel 1997) (Tabla 2).

**Tabla 2. Estrategias de Ecodiseño (Brezet, van Hemel, 1997)**

Estrategia 0. Desarrollo de nuevos conceptos	Desmaterialización Uso compartido de productos Integración de funciones Optimización Funcional
Estrategia 1. Materiales de bajo impacto	Materiales limpios Materiales renovables materiales con bajo contenido energético Materiales reciclados Materiales reciclables
Estrategia 2. Reducción de materiales	Reducción en peso Reducción en volumen
Estrategia 3. Optimización de la producción	Técnicas alternativas Reducción de fases de producción Menor cantidad de energía/Energía limpia Menor cantidad de residuos de producción
Estrategia 4. Optimización de la distribución	Envases en menor cantidad, más limpios, reusables Transporte energéticamente eficiente Logística energéticamente eficiente
Estrategia 5. Reducción del impacto durante el uso	Bajo consumo de energía Fuentes de energía limpia Uso de menor cantidad de insumos Insumos limpios
Estrategia 6. Optimización de la vida útil	Fiabilidad y durabilidad Fácil mantenimiento y reparación Estructura modular

	Diseño clásico
Estrategia 7. Optimización del fin de vida	Reutilización del producto Remanufactura/ restauración Reciclaje de materiales Incineración segura

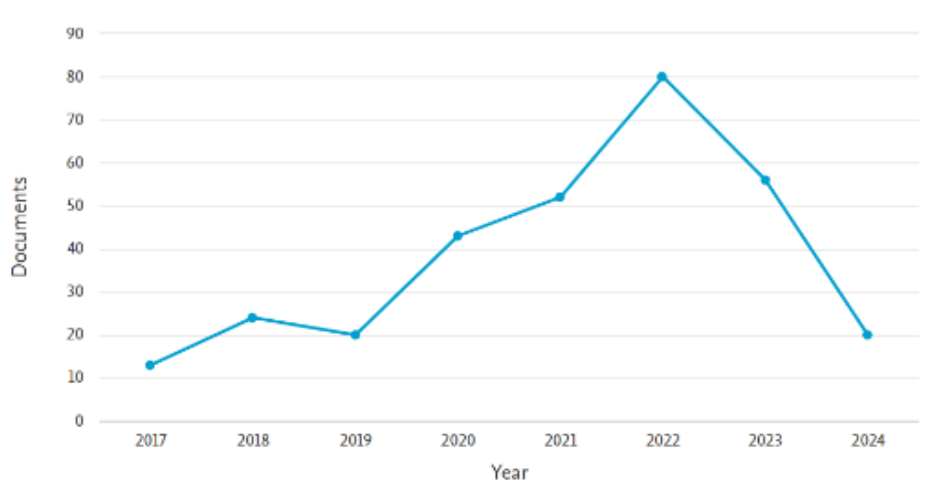
### 3. Resultados

#### 3.1 Resultados descriptivos de la selección sobre tecnología fotovoltaica

Los resultados muestran la evolución de los 308 resultados iniciales en Scopus.

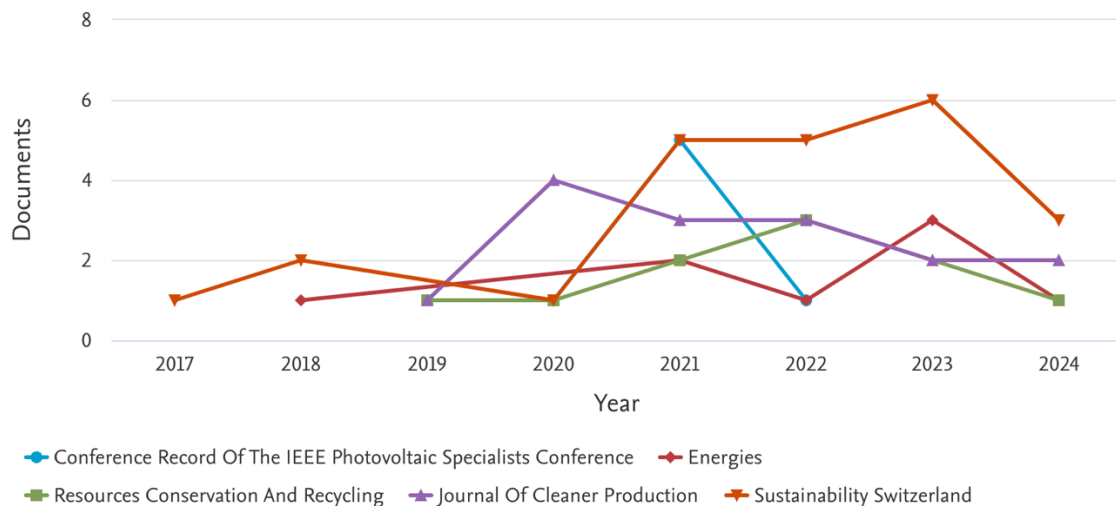
La evolución desde 2017 hasta 2019 muestra un crecimiento moderado de publicaciones (2017: 13 publicaciones; 2018: 24 publicaciones; 2019: 20 publicaciones), que se dispara en 2020 (2020: 43 publicaciones; 2021: 52 publicaciones; 2022: 80 publicaciones; 2023: 56 publicaciones) y coincide con las estrategias e incentivos a nivel mundial para la producción y consumo de energías renovables (Figura 2).

**Figura 2. Evolución temporal de publicaciones en Scopus**



Dentro de la misma selección, las revistas con más de 7 publicaciones en esta materia (en el tiempo estudiado), son: Sustainability Switzerland, Energies, Journal of Cleaner Production, Resources Conservation and Recycling y Conference Record of the IEEE Photovoltaic Specialists Conference (Figura 3).

**Figura 3. Evolución del número de publicaciones por revistas (con más de 7 documentos), según Scopus.**



A su vez, los autores con más de 5 publicaciones en la materia son: Longo S., Balestra, G.M., Cellura, M. Guarino F., y Oviatt S. Las instituciones con más de 6 publicaciones son: National Renewable Energy Laboratory (11 documentos), Università degli Studi di Palermo (8 documentos), Politecnicodi Milano (7 documentos), y UNSW Sydney (7 documentos). Destacan Italia, Estados Unidos, Australia y UK con más de 25 documentos publicados.

### **3.2 Análisis de las estrategias de ecodiseño contempladas en la selección de documentos**

La revisión efectuada permitió seleccionar 19 artículos ajustados a aplicaciones en entornos urbanos (Tabla 3). La selección de las estrategias que aborda cada artículo se infiere a partir de su análisis. Por ejemplo, el artículo 1 (González-García et al., 2012) detalla pasos y acciones que permiten relacionar el objeto de investigación y resultados con todas las estrategias excepto con la 1 y la 5 (desarrollo de nuevos conceptos y reducción del impacto durante el uso, respectivamente) por tratarse de aplicaciones contrastadas en el sector. El segundo artículo de la selección (Murakami, Yamagata, 2017), trata la importancia de los clústeres de microrredes en países de alta densidad poblacional donde un fallo del sistema puede colapsar todo el abastecimiento de energía. Por lo tanto, fundamenta un nuevo enfoque de planificación de abastecimiento de energía solar a la vez que optimiza las fuentes de producción de esta.

**Tabla 3. Selección de artículos relacionados con el objetivo de estudio**

Nº	Referencia	Campo de aplicación	E0	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7
1	González-García et al., 2012	Pared de madera ventilada en vivienda		1	1	1	1		1	1
2	Murakami, Yamagata, 2017	Clusters de microrredes para la alimentación de baterías eléctricas de coches	1			1				
3	Abdelraouf, Shenawy, 2018	Generación de energía para el bombeo de agua de abluciones para el riego de cultivos sostenibles				1		1		
4	Anissa Tabet Aoul et al., 2019	Acrilamiento electrocrómico en edificios	1	1	1	1				
5	Riahi Dehkordi et al., 2019	Uso de sistemas fotovoltaicos integrados en techos de aeropuertos						1		
6	Aberilla et al., 2020	Implementación de sistemas de energía fotovoltaica en comunidades remotas (microrredes).	1			1	1	1	1	
7	Tempesta et al., 2020	Estaciones de autobús tubular	1		1			1		
8	Tereci, Atmaca, 2020	Mobiliario urbano de un parque	1			1	1		1	1
9	Sanjaya et al., 2021	Lámpara telescópica para zonas aisladas de la red eléctrica	1	1	1	1		1	1	1
10	Premier et al., 2022	Mobiliario urbano inteligente alimentado con energía solar	1							
11	Wijeratne et al., 2022	Optimización de disposición de paneles envolventes en edificios				1			1	1
12	Budiman et al., 2022	Nuevos materiales para laminación fotovoltaica flexible		1	1	1		1	1	1
13	Samarasinghalage et al., 2022	Alternativas de aplicación de placas fotovoltaicas en ventanas y estructuras envolventes de construcciones				1			1	
14	Tempesta et al., 2022	Techo de estación de autobuses tubular			1			1	1	
15	Arias-Navarro et al., 2023	Generación de energía en un contexto agrovoltaico				1				
16	Hubinský et al., 2023	Integración de estructuras fotovoltaicas en contexto urbano				1				1
17	Meissner et al., 2023	Nueva generación de placas monograno fotovoltaicas aplicables a diversos entornos				1	1	1	1	
18	Heeraman et al., 2024	Vehículos eléctricos alimentados por energía solar	1			1		1		
19	Jalali et al., 2024	Biomimética para integración de tecnologías fotovoltaicas en el diseño de aplicaciones	1	1	1	1				





al 2020, que muestra cómo la tecnología solar fotovoltaica permite integrarse en luminarias, señalética, puntos de información, pérgolas, estaciones de carga de vehículos eléctricos, instalaciones de compactación de basura, energía para mobiliario y edificios. Que hace hincapié en la importancia de la percepción de los usuarios del lenguaje común de la identidad urbana. En esta misma línea, Hubinsky et al. (2023) valoran diferentes escenarios de integración de módulos fotovoltaicos para no distorsionar la estructura o la estética de edificios históricos (Bratislava, Eslovaquia) y de modo que fuera aceptado por los habitantes. En un entorno cercano al urbano, puede afectar la disposición de paneles solares sobre el paisaje. Este es el caso del estudio desarrollado sobre el impacto de las instalaciones “Agrovoltáicas” sobre viñedos, como una opción simbiótica que integra el uso del sol y las sombras sobre los cultivos y que dispuestas de un modo inteligente, no debería afectar la apreciación del paisaje vitivinícola (Arias-Navarro et al., 2023). Llama la atención el acristalamiento cromógeno o inteligente, presenta una oportunidad en el diseño arquitectónico dando mayor importancia al uso de envolventes acristaladas (paneles y ventanas) que aprovechen la luz solar y reducen la pérdida potencial de energía (Anissa et al 2019). Asimismo, varios autores muestran diferentes aplicaciones en la construcción (González-García et al., 2012; Riahi Dehkordi et al., 2019; Wijeratne et al., 2022; Samarasinghalage et al., 2022).

Premier et al. (2020), referencian autores que se escapan de la selección efectuada para esta revisión y puede ser considerado una gran compilación de casos de aplicación. Por ejemplo, presenta un concurso de diseño celebrado en 2019 (Land Art generator) que compila más de 70 proyectos de generación de energía solar a través de obras de arte. Asimismo, hace referencia a casos de mobiliario inteligente proporcionando wifi y conectividad a los usuarios. Asimismo, se refiere al uso de techos de estaciones de Estados Unidos, pérgolas y toldos en España, paradas de autobús en Estados Unidos y en Italia; bancos con paneles en Estados Unidos, Canadá, Nueva Zelanda, Arabia Saudí; árboles solares en Milán; luces solares en todo el mundo. Finalmente, presenta diseños experimentales basados en estructuras flotantes para zonas con población muy densa (globos). También se han comenzado a desarrollar prototipos de coches impulsados por energía solar (Heeraman et al., 2024).

Los sistemas autónomos de generación de energía son otro de los puntos interesantes de esta revisión que nos lleva a considerar su importancia debido a un aseguramiento del funcionamiento de puntos de abastecimiento de energía en caso de fallos en un sistema mayor (en el contexto urbano) y el abastecimiento de energía propia en un contexto rural donde no llegan las redes de iluminación (Murakami, Yamagata, 2017; Aberrilla et al., 2020).

#### **4. Conclusiones**

El análisis exhaustivo sobre la integración del ecodiseño en paneles solares aplicados al entorno urbano ha arrojado un panorama rico en oportunidades y desafíos. El aumento notorio en la capacidad global de instalación solar refleja la creciente demanda y el compromiso hacia una transición energética más sostenible. La inserción de paneles fotovoltaicos en áreas urbanas emerge como un pilar esencial para fomentar un desarrollo urbano sostenible y reducir la huella de carbono de las ciudades.

La aplicación del ecodiseño en productos alimentados por energía solar dirigidos a entornos urbanos abre oportunidades para optimizar la circularidad y minimizar el impacto ambiental.

A pesar de estas ventajas, los sistemas fotovoltaicos enfrentan desafíos ambientales, especialmente en la gestión de emisiones de CO<sub>2</sub> a lo largo de su ciclo de vida.

Sin embargo, los avances tecnológicos y la implementación de estrategias de ecodiseño pueden atenuar estos desafíos y potenciar la eficiencia y sostenibilidad de los productos solares. La revisión sistemática de la literatura ha revelado áreas clave de enfoque en la investigación sobre ecodiseño en productos solares para entornos urbanos, resaltando estrategias como la optimización de la producción y la reducción del impacto durante el uso.

La diversidad de tecnologías fotovoltaicas y sus aplicaciones en diversos entornos urbanos brindan oportunidades para la innovación y el desarrollo de soluciones energéticas más eficientes y sostenibles. La colaboración entre investigadores, fabricantes y autoridades locales será esencial para aprovechar plenamente el potencial de la energía solar en entornos urbanos y avanzar hacia un futuro más sostenible y resiliente. En consecuencia, las oportunidades identificadas se relacionan con el aumento de la integración de tecnología solar en entornos urbanos, promoviendo un desarrollo urbano sostenible y la diversificación de la matriz energética. Desde la perspectiva del ecodiseño, la implementación de tecnología fotovoltaica en productos puede reducir el impacto ambiental asociado al consumo de energía o a nuevas fuentes generadoras de energía para los ciudadanos. No obstante, es crucial explorar formas de mejorar la circularidad asociada a la tecnología actual.

Entre las dificultades, resalta la gestión de emisiones de CO<sub>2</sub> y el manejo del fin de vida de los sistemas fotovoltaicos. A pesar de los avances tecnológicos, persisten limitaciones en eficiencia, almacenamiento de energía y adaptación a diferentes entornos urbanos. La percepción pública de la tecnología solar puede variar, lo que subraya la necesidad de abordar la conciencia pública y la educación sobre sus beneficios. Por último, la falta de regulación y planificación urbana específica puede obstaculizar su implementación eficiente y coordinada, lo que destaca la importancia de desarrollar políticas y normativas claras.

## 5. Referencias

- Abdelraouf, R. E., & Shenawy, E. (2018). Innovative technology of Egyptian mosques by using solar energy and reusing ablution water in sustainable crop production (Vol. 20, Issue 2). <http://www.cigrjournal.org>
- Aberilla, J. M., Gallego-Schmid, A., Stamford, L., & Azapagic, A. (2020). Design and environmental sustainability assessment of small-scale off-grid energy systems for remote rural communities. *Applied Energy*, 258. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.114004>
- Anissa Tabet Aoul, K., Efurosibina Attoye, D., & al Ghatri, L. (2019). Performance of Electrochromic Glazing: State of the Art Review. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 603(2). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/603/2/022085>
- Arias-Navarro, I., del Campo-Gomis, F. J., Agulló-Torres, A. M., & Martínez-Poveda, Á. (2023). Environmental Sustainability in Vineyards under a Protected Designation of Origin in View of the Implementation of Photovoltaic Solar Energy Plants. *Land*, 12(10). <https://doi.org/10.3390/land12101871>
- Ašonja, A. Facilities with RES on Public Buildings in the City of Novi Sad. In *Proceedings of the 13th International Scientific Conference MMA 2018 "Flexible Technologies"*, Novi Sad, Serbia, 28–29 September 2018.
- Budiman, A. S., Illya, G., Anbazhagan, S., Tippabhotla, S. K., Song, W. J., Sahay, R., & Tay,

- A. A. O. (2022). Enabling lightweight polycarbonate-polycarbonate (PC-PC) photovoltaics module technology – Enhancing integration of silicon solar cells into aesthetic design for greener building and urban structures. *Solar Energy*, 235, 129–139. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2022.02.018>
- Carneiro, V., Barata da Rocha, A., Rangel, B., Alves, J. L. 2021. Design Management and the SME Product Development Process: A Bibliometric Analysis and Review. *She Ji*, 7(2), 197–222. <https://doi.org/10.1016/j.sheji.2021.03.001>
- European Commission. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. An EU Strategy on Adaptation to Climate Change, COM/2013/0216 Final. 2013. Available online: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A52013DC0216> (07.04.2024)
- European Commission. Communication from the Commission the European Green Deal, COM/2019/640 final. 2019. Available online: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM%3A2019%3A640%3AFIN> (07.04.2024)
- González-García, S., Lozano, R. G., Estévez, J. C., Pascual, R. C., Moreira, M. T., Gabarrell, X., Pons, J. R., & Feijoo, G. (2012). Environmental assessment and improvement alternatives of a ventilated wooden wall from LCA and DfE perspective. In *International Journal of Life Cycle Assessment* (Vol. 17, Issue 4, pp. 432–443). <https://doi.org/10.1007/s11367-012-0384-0>
- Heeraman, J., Kalyani, R., & Amala, B. (2024). Towards a Sustainable Future: Design and Fabrication of a Solar-Powered Electric Vehicle. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1285(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1285/1/012035>
- Hubinský, T., Hajtmanek, R., Šeligová, A., Legény, J., & Špaček, R. (2023). Potentials and Limits of Photovoltaic Systems Integration in Historic Urban Structures: The Case Study of Monument Reserve in Bratislava, Slovakia. *Sustainability (Switzerland)*, 15(3). <https://doi.org/10.3390/su15032299>
- IEA, 2020. Renewables 2020 - Analysis and Forecast to 2025. International Energy Agency. Available online: <https://www.iea.org/reports/renewables-2022>.
- IRENA, 2022. Renewable Capacity Statistics 2022. The International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi. ISBN: 978-92-9260-428-8. Available online: <https://www.irena.org/publications/2022/Apr/Renewable-Capacity-Statistics-2022> (25.03.2024)
- Jalali, S., Nicoletti, E., & Badarnah, L. (2024). From Flora to Solar Adaptive Facades: Integrating Plant-Inspired Design with Photovoltaic Technologies. *Sustainability (Switzerland)*, 16(3). <https://doi.org/10.3390/su16031145>
- Meissner, D., Ernits, K., Gahr, S., Kapitan, L., Vetter, M., Glatz, C., & Syed, R. (2023). Kesterite based monograin photovoltaics: The ideal solution for sustainable power supply. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 252(January), 112160. <https://doi.org/10.1016/j.solmat.2022.112160>
- Murakami, D., & Yamagata, Y. (2017). Micro grids clustering for electricity sharing: An approach considering micro urban structure. *Energy Procedia*, 142, 2748–2753. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.12.220>
- Page, M.J., Moher, D., Bossuyt, P.M., Boutron, I., Hoffmann, T.C., Mulrow, C.D., Shamseer, L., Tetzlaff, J.M., Akl, E.A., Brennan, S.E., et al., 2021. PRISMA 2020 explanation and elaboration: updated guidance and examples for reporting systematic reviews. *BMJ*, n160. <https://doi.org/10.1136/bmj.n160>.
- Parlamento Europeo (2019). El Parlamento Europeo declara la emergencia climática.

Available online: <https://www.europarl.europa.eu/news/es/press-room/20191121IPR67110/el-parlamento-europeo-declara-la-emergencia-climatica> (07.04.2024).

- Piccarozzi M., Aquilani B., Gatti C., (2018). Industry 4.0 in Management Studies: A Systematic Literature Review, *Sustainability* 10, no. 10: 3821: 3, DOI: <https://doi.org/10.3390/su10103821>.
- Popay J. et al., (2006) "Guidance on the Conduct of Narrative Synthesis in Systematic Reviews: A Product from the ESRC Methods Programme" (research report from the ESRC Methods Programme, Lancaster University, 2006), available at <https://www.lancaster.ac.uk/media/lancaster-university/content-assets/documents/fhm/dhr/chir/NSsynthesisguid-anceVersion1-April2006.pdf>
- Premier, A., GhaffarianHoseini, A., & GhaffarianHoseini, A. (2022). Solar-powered smart urban furniture: preliminary investigation on limits and potentials of current designs. *Smart and Sustainable Built Environment*, 11(2), 334–345. <https://doi.org/10.1108/SASBE-09-2021-0152>
- Riahi Dehkordi, E., Karimi, A., Karimi, R., & Aslan Beygi, M. (2019). Sustainable design for airport terminals, by integrated photovoltaic (PV) system (adopting bench-marking approach). *International Journal of Green Energy*, 16(15), 1611–1616. <https://doi.org/10.1080/15435075.2019.1681425>
- Samarasinghalage, T. I., Wijeratne, W. M. P. U., Yang, R. J., & Wakefield, R. (2022). A multi-objective optimization framework for building-integrated PV envelope design balancing energy and cost. *Journal of Cleaner Production*, 342. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.130930>
- Sanjaya, K. H., Rajani, A., Saputra, H. M., Subagio, D. G., Subekti, R. A., & Fudholi, A. (2021). Eco-design of portable solar-powered telescopic lamp for off-grid areas in Indonesia. *International Journal of Power Electronics and Drive Systems*, 12(4), 2511–2522. <https://doi.org/10.11591/ijpeds.v12.i4.pp2511-2522>
- Tempesta, A. G., Mariano, L. C., Pacheco, K. R. M., dos Santos, T. R. C., Rocco, M. L. M., & Roman, L. S. (2022). Organic Photovoltaic Solar Panels (OPV) Applied to a Tubelike Bus Station. *Brazilian Journal of Physics*, 52(1). <https://doi.org/10.1007/s13538-021-01029-9>
- Tempesta, A. G., Mariano, L. C., Pacheco, K. R. M., dos Santos, T. R. C., Brito, F., & Roman, L. S. (2020). Organic photovoltaic panels for bus rapid transit stations in Curitiba - A viability study. *Proceedings of the ISES Solar World Congress 2019 and IEA SHC International Conference on Solar Heating and Cooling for Buildings and Industry 2019*, 764–771. <https://doi.org/10.18086/swc.2019.15.04>
- Tereci, A., & Atmaca, M. (2020). Integrating renewable energy systems into urban furniture for recreational spaces: A design proposal for konya adalet park. *Gazi University Journal of Science*, 33(1), 1–12. <https://doi.org/10.35378/gujs.532828>
- Tranfield D., Denyer D., and Smart P., (2003). Towards a Methodology for Developing Evidence-Informed Management Knowledge by Means of Systematic Review, *British Journal of Management* 14, no. 3: 207–22. <https://doi.org/10.1111/1467-8551.00375>
- United Nations General Assembly (2015). *Transforming our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development*. Available online: <https://sdgs.un.org/2030agenda> (08.04.2024).
- United Nations (2015). *Paris Agreement*. Available online: <https://www.un.org/es/climatechange/paris-agreement> (11.04.2024).
- van Hemel C. G., Brezet, J. C (1997). *Ecodesign: a promising approach to sustainable production and consumption*. Paris: United Nations Environmental Programme.

Wijeratne, W. M. P. U., Samarasinghalage, T. I., Yang, R. J., & Wakefield, R. (2022). Multi-objective optimisation for building integrated photovoltaics (BIPV) roof projects in early design phase. *Applied Energy*, 309. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.118476>

### Comunicación alineada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible

