

ORIGINAL

## Bioclimatic Design in Modern Architecture: Towards a Greener, More Resilient Future

### El Diseño Bioclimático en la Arquitectura Moderna: Hacia un Futuro Más Verde y Resiliente

Juan Alberto Almirón Cuentas<sup>1</sup>  , David Hugo Bernedo-Moreira<sup>1</sup>  

<sup>1</sup>Universidad Peruana Unión. Perú.

**Citar como:** Almirón Cuentas JA, Bernedo-Moreira DH. Bioclimatic Design in Modern Architecture: Towards a Greener, More Resilient Future. Environmental Research and Ecotoxicity. 2024; 3:103. <https://doi.org/10.56294/ere2024103>

Recibido: 18-05-2023

Revisado: 27-09-2023

Aceptado: 03-01-2024

Publicado: 04-01-2024

Editor: Prof. Dr. William Castillo-González 

Autor para la correspondencia: Juan Alberto Almirón Cuentas 

#### ABSTRACT

**Objective:** was to explore the theories and practices of bioclimatic architecture, highlighting its potential to mitigate environmental impact and improve quality of life through sustainable building design, and as a consequence, to investigate how bioclimatic architecture and energy efficiency can contribute to sustainable development and the reduction of the environmental impact of buildings.

**Method:** an empirical and conceptual literature review on bioclimatic architecture was carried out, based on academic references and relevant documents to provide an overview of current research on the topic. Academic databases such as Scopus, Science Direct and Google Scholar were searched using terms related to bioclimatic architecture and sustainability. A total of 118 articles were analyzed, of which 14 were selected as relevant.

**Results:** it was found that bioclimatic architecture focuses on the design of built spaces that integrate with the natural environment, optimizing the use of resources and prioritizing thermal and sensory comfort. Tactics such as bioclimatic ventilation and the use of sustainable materials were identified, as well as the need for adaptable solutions in different socioeconomic contexts, especially in Peru where the adoption of these practices is limited.

**Conclusions:** bioclimatic architecture is crucial to address contemporary environmental and energy challenges by promoting design that aligns with the natural and climatic environment. This approach not only seeks the comfort of users, but also aims to significantly reduce the carbon footprint of buildings. It is highlighted that the recovery of cultural strategies, such as courtyards, can be a key to a more bioclimatic architecture.

**Keywords:** Bioclimatic Design; Modern Architecture; Green Future; Resilient Future.

#### RESUMEN

**Objetivo:** fue explorar las teorías y prácticas de la arquitectura bioclimática, destacando su potencial para mitigar el impacto ambiental y mejorar la calidad de vida a través del diseño sostenible de edificios, y como consecuencia, investigar cómo la arquitectura bioclimática y la eficiencia energética pueden contribuir a un desarrollo sostenible y a la reducción del impacto ambiental de los edificios.

**Método:** se llevó a cabo una revisión de literatura empírica y conceptual sobre la arquitectura bioclimática, basándose en referencias académicas y documentos relevantes para proporcionar un panorama de las investigaciones actuales sobre el tema. Se realizaron búsquedas en bases de datos académicas como Scopus, Science Direct y Google Académico, utilizando términos relacionados con la arquitectura bioclimática y la sostenibilidad. Se analizaron un total de 118 artículos, de los cuales 14 fueron seleccionados como relevantes.

**Resultados:** se encontró que la arquitectura bioclimática se centra en el diseño de espacios construidos que se integren al entorno natural, optimizando el uso de recursos y priorizando el confort térmico y sensorial.

Se identificaron tácticas como la ventilación bioclimática y el uso de materiales sostenibles, así como la necesidad de soluciones adaptables en diferentes contextos socioeconómicos, especialmente en Perú donde la adopción de estas prácticas es limitada.

**Conclusiones:** la arquitectura bioclimática es crucial para enfrentar desafíos ambientales y energéticos contemporáneos, promoviendo un diseño que se alinee con el medio ambiente natural y climático. Este enfoque no solo busca el confort de los usuarios, sino que también pretende reducir significativamente la huella de carbono de los edificios. Se destaca que la recuperación de estrategias culturales, como los patios, puede ser una clave para una arquitectura más bioclimática.

**Palabras clave:** Diseño Bioclimático; Arquitectura Moderna; Futuro Verde; Futuro Resiliente.

## INTRODUCCIÓN

La arquitectura bioclimática (AB) y la eficiencia energética han emergido como respuestas a la necesidad de construir de forma sostenible, considerando tanto el impacto ambiental como el rendimiento energético de los edificios.<sup>(1,2,3,4)</sup> Estos conceptos han evolucionado con el tiempo, a medida que se han introducido nuevas técnicas y tecnologías.<sup>(5,6,7)</sup> Es aquí donde LA AB se enfoca en el diseño de espacios que se integren, adapten y respondan a su entorno tanto climáticos y naturales del sitio.<sup>(8,9)</sup> Con el objetivo del aprovechamiento de los recursos naturales disponibles en su entorno de una manera respetuosa, minimizando su impacto en el medio ambiente. En la cual sus principales características es lograr el confort térmico y sensorial con un diseño que genere bienestar a sus usuarios. Teniendo como fundamentos estratégicos que incluyan el aprovechamiento del clima, el diseño pasivo, uso de materiales adecuados y su integración al medio de una forma armoniosa.<sup>(1,2)</sup> Es entonces que se puede decir que la (AB) se centra en el autoconsumo, minimizando el uso de energía al aprovechar los recursos naturales ya disponibles.<sup>(10)</sup>

En el mundo la (AB) se convirtió en uno de los enfoques más prometedores para mejorar la eficiencia energética de los edificios. No obstante, la efectividad de estas estrategias en reducir el consumo de energía y la huella de carbono de los edificios depende en gran medida de cómo el diseño del edificio se ajusta a las condiciones climáticas locales.<sup>(9)</sup>

En ese contexto, en Asia, consideran como algo esencial la comprensión de la ventilación bioclimática, tomando como modelo a la arquitectura vernácula. Este tema ha captado un creciente interés entre los investigadores, aunque las revisiones sobre la ventilación natural en la arquitectura vernácula han sido limitadas. Algunas de estas revisiones integran la ventilación natural con otras estrategias de diseño pasivo.<sup>(4)</sup>

Por su parte, en Europa, el pacto verde de Europa estableció una legislación que tiene relación con el rendimiento energético de edificios de una manera rigurosa, con el propósito de poder reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> en un 55 % para el 2030 y una neutralidad al 2050.<sup>(8)</sup> Dado con la necesidad que existe de crear estrategias que ayuden a poder liberar al usuario de su dependencia a la energía para satisfacer sus necesidades de confort de acuerdo a su contexto hace que la (AB) se convierta en algo importante.<sup>(7)</sup> Por su lado <sup>(2)</sup> centra al "Patio" como una estrategia bioclimática a considerar debido a que ayuda a regular la temperatura, puesto que en zonas cálidas proporciona sombras, en zonas frías interrumpe la continuidad del viento creando microclimas, mientras que en zonas húmedas facilita la ventilación cruzada, lo que llega a que contribuya al ahorro energético. Mientras que Soust et al.<sup>(13)</sup> resaltan que los estudiantes diseñen viviendas que integren la evaluación de la huella de carbono mediante el análisis del ciclo de vida (ACV) utilizando las herramientas tecnológicas, promoviendo a si las buenas decisiones en el diseño arquitectónico, fomentando la sostenibilidad.

Por otro lado, en África, la (AB) es esencialmente importante para los países que se encuentran en desarrollo en especial en esta región donde el contexto climático y socioeconómico demandan soluciones de diseños sostenibles y adaptables a su contexto. Así a través de la (AB) se puede mejorar la calidad de vida y fomentar la eficiencia energética.<sup>(3)</sup>

En Sudamérica, en la actualidad hay una gran variedad de investigaciones sobre el diseño bioclimático, por lo cual se puede manifestar que existen pocas estructuras que estén enfocadas en la (AB), lo que hace que se convierta en algo primordial y fundamental ante el contexto en que hoy vivimos.<sup>(5)</sup> En México <sup>(11)</sup> sostiene que las tecnologías inmersivas permiten validar los criterios que se utilizan en los diseños arquitectónicos tanto como energéticos como de bienestar térmico. Asiendo de ella algo fundamental en la creación de espacios funcionales y sostenibles.<sup>(12,13)</sup>

Por su parte en el Perú, a pesar de los esfuerzos realizados, la (AB) no sea consolidado debido a que las edificaciones se construyen sin planificación y con métodos ineficientes, sin tomar en cuenta factores climáticos y ambientales.<sup>(14)</sup> En cuestión existen varias maneras de evaluar el confort térmico, sin embargo, en el Perú, la adopción de la (AB) es limitada. Hoy sen día solo existen pocos proyectos de edificaciones que cumplen con estas características de la (AB). Lo que la hace fundamental para el desarrollo sostenible.<sup>(5)</sup>

Este artículo de revisión narrativa tiene como objetivo explorar las principales teorías, enfoques y prácticas

relacionadas para mitigar el impacto ambiental de los edificios que tiene la (AB), A través de un análisis realizado, se revisaron los beneficios e implementaciones en diferentes contextos. Además, se aborda como la (AB) puede contribuir la sostenibilidad del mundo, mejorando así la calidad de vida de las personas y promoviendo la eficiencia energética de los edificios.

**MÉTODO**

Se llevó a cabo una revisión narrativa exhaustiva con el objetivo de describir la producción empírica y conceptual sobre la arquitectura bioclimática (AB), utilizando referencias empíricas y documentos académicos para proporcionar una visión de las investigaciones actuales sobre el tema. La búsqueda se realizó en la base de datos Scopus, ScienceDirect y Google Académico utilizando una búsqueda refinada con términos en inglés como “bioclimatic architecture”, “sustainability”, “design”, “efficiency” y en español como “diseño bioclimático”, “arquitectura bioclimática”, “confort térmico”, “sostenibilidad + arquitectura”, “eficiencia energética” en el área delimitada de arquitectura y medio ambiente encontrándose más información buscando en inglés, sin embargo se encontraron artículos de años anteriores al 2022 de relevancia pero fueron descartadas debido a su antigüedad.

El período de búsqueda se extendió todo el mes de septiembre de 2024, considerando artículos publicados entre 2022 y 2024 y uno de 2020 debido a su importancia y todo esto sin limitaciones de idioma, siempre que fueran de acceso abierto. Tras revisar 118 artículos, se descartaron 74, seleccionando un total de 44 artículos relevantes finales. En los siguientes gráficos se presentan los métodos de búsqueda, clasificación y características de los artículos analizados.

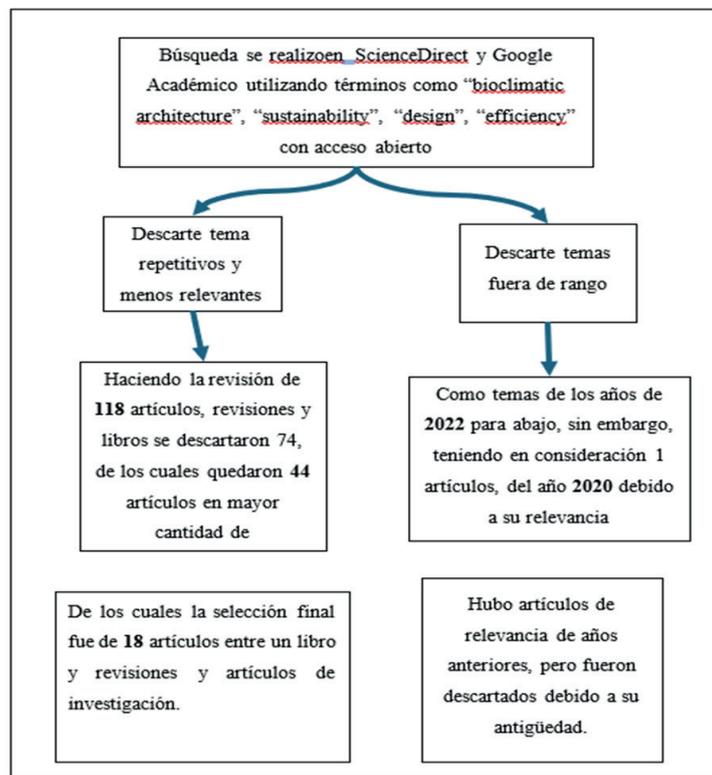


Figura 1. Flujograma de la búsqueda de revisión bibliográfica

**RESULTADOS**

Tabla 1. Datos

Autor(es)	Título	Año	URL/doi	Resumen
(1)	Arquitectura bioclimática	2020	<a href="https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7398396">https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7398396</a>	La Arquitectura Bioclimática busca diseñar construcciones adaptadas al clima y entorno natural, utilizando recursos de manera sostenible. Su objetivo es lograr confort térmico, emplear materiales inteligentes y aprovechar el clima local para reducir el impacto ambiental, preservando ecosistemas y minimizando la contaminación en el proceso constructivo.

(2)	Ejemplos de arquitectura bioclimática que contribuyen a la salud del habitante y del planeta.	2023	<a href="https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/219632">https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/219632</a>	La Arquitectura Bioclimática optimiza la calidad ambiental y la eficiencia energética al aprovechar los recursos naturales. Gauzin-Müller (2002) resalta la importancia del enfoque ambiental en el diseño y gestión. En La Pampa, ejemplos como dos escuelas muestran un notable ahorro energético, destacando la viabilidad de reducir el consumo y el impacto climático.
(3)	Architecture trends and challenges in sub-Saharan Africa's construction industry: A theoretical guideline of a bioclimatic architecture evolution based on the multi-scale approach and circular economy	2023	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032123004501">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032123004501</a>	La arquitectura, iniciada con la vernácula, influenció conceptos posteriores. En África subsahariana, el interés por el diseño bioclimático crece, pero enfrenta obstáculos para su expansión. Este artículo evalúa la literatura existente sobre el diseño bioclimático, sus desafíos y propone un enfoque adaptativo basado en economía circular para promover prácticas de construcción sostenibles.
(4)	Natural ventilation in vernacular architecture: A systematic review of bioclimatic ventilation design and its performance evaluation.	2024	<a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360132324001598">https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360132324001598</a>	Las estrategias de ventilación natural en la arquitectura vernácula han generado interés por su enfoque bioclimático y pasivo. Investigar estas técnicas implica evaluar diseños de ventilación y su impacto ambiental. Sin embargo, el campo enfrenta desafíos en la creación de prototipos y la implementación de métodos cuantitativos adecuados, requiriendo una revisión profunda.
(5)	Implementación del diseño bioclimático para mejorar el confort térmico en espacios arquitectónicos para jóvenes con discapacidad intelectual en El Agustino.	2023	<a href="https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/104527">https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/104527</a>	A pesar de la escasez de estructuras bioclimáticas, la creciente concientización sobre nuevas necesidades y modalidades está promoviendo su importancia para el usuario y el ecosistema. Además, investigaciones previas sobre discapacidad intelectual y artículos especializados permiten definir una propuesta arquitectónica adaptada a estas necesidades.
(6)	Bioclimatic strategies in existing multifamily buildings to achieve cities decarbonization goals: Potential and relevance for Catalonia climates.	2024	<a href="https://acortar.link/GrKLb2">https://acortar.link/GrKLb2</a>	Los objetivos de descarbonización de la UE requieren estrategias que reduzcan la dependencia energética para el confort. Las Estrategias Bioclimáticas (EB), adaptadas a condiciones locales, apoyan estos objetivos. Sin embargo, su éxito depende del apoyo a los equipos de proyecto y de herramientas avanzadas para evaluar soluciones bioclimáticas.
(7)	Soluciones innovadoras en arquitectura bioclimática y eficiencia energética: construyendo de manera sostenible.	2024	<a href="https://acortar.link/AsvVQQ">https://acortar.link/AsvVQQ</a>	La arquitectura bioclimática y la eficiencia energética responden a la necesidad de construir de manera sostenible, considerando el impacto ambiental y la eficiencia de los edificios. A lo largo de la historia, diversas culturas han aplicado principios bioclimáticos para adaptarse al entorno natural y aprovechar los recursos disponibles.
(8)	Beyond passive House: Use of evolutionary algorithms in architectural design.	2023	<a href="https://acortar.link/TWvARg">https://acortar.link/TWvARg</a>	Los edificios representan una quinta parte de las emisiones de gases de efecto invernadero. Mejorar su eficiencia energética es clave para la neutralidad climática. Este estudio analizó cómo optimizar características geométricas en casas unifamiliares del sur de Brasil, logrando una reducción del consumo de energía entre 76 % y 91 %, y un aumento del confort térmico.
(9)	Impact of key bioclimatic design strategies on buildings' performance in dominant climates worldwide.	2022	<a href="https://acortar.link/cgemtP">https://acortar.link/cgemtP</a>	Las estrategias de diseño bioclimático mejoran la eficiencia energética de los edificios, pero dependen de las condiciones climáticas. Este estudio investigó el impacto de técnicas como techos verdes, sombreado, ventilación natural y pared Trombe en tres climas globales. Los resultados mostraron que la combinación adecuada de estrategias reduce el consumo energético y las emisiones de GEI.

(10)	La arquitectura bioclimática. Análisis regulatorio y estudio caso práctico	2022	<a href="https://riunet.upv.es/handle/10251/181307">https://riunet.upv.es/handle/10251/181307</a>	Este trabajo fin de grado aborda los aspectos clave para una arquitectura sostenible, desde su historia y normativa hasta equipamientos y casos de edificios con alta calificación energética. Incluye un caso práctico sobre la certificación energética de una casa rural en Albacete, evidenciando que una adecuada disposición y elección de instalaciones pueden mejorar su eficiencia, incluso en construcciones existentes.
(12)	Resiliencia microclimática del patio mediterráneo: evaluación de confort térmico y ahorro energético asociados al uso de estrategias pasivas en el diseño de patios.	2023	<a href="https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=322582">https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=322582</a>	El aumento de las temperaturas globales, la isla de calor urbana y la dependencia de combustibles fósiles presentan desafíos tecnológicos significativos. La preocupación por el desconfort térmico y el consumo energético de los edificios resalta el papel crucial de la arquitectura en este contexto. La recuperación de espacios como el patio, característicos de nuestro entorno cultural, se presenta como una estrategia bioclimática clave.
(13)	El cálculo de la huella de carbono en herramientas digitales de diseño: reflexiones sobre experiencias docentes.	2023	<a href="https://revistes.upc.edu/index.php/JIDA/article/view/12371">https://revistes.upc.edu/index.php/JIDA/article/view/12371</a>	Esta experiencia docente aborda proyectos de vivienda colectiva, evaluando la huella de carbono mediante herramientas digitales y la metodología del Análisis del Ciclo de Vida (ACV). El objetivo es concienciar sobre los impactos de sistemas, materiales y diseño arquitectónico, promoviendo la optimización y selección de materiales para reducir la huella de carbono.
(11)	Tecnologías inmersivas como herramienta para el diseño arquitectónico: revisión de literatura.	2024	<a href="https://acortar.link/kXzJRZ">https://acortar.link/kXzJRZ</a>	Las tecnologías inmersivas permiten experimentar espacios virtuales, integrando color, sonido, luz y forma, lo que las hace valiosas en arquitectura. Este estudio revisa la aplicación de realidades virtuales, aumentadas y mixtas en el diseño arquitectónico, destacando su relevancia en la validación de criterios de diseño y la mejora de la comprensión del usuario.
(14)	Propuesta de diseño de una vivienda bioclimática para reducir el consumo energético en el distrito de San Juan Bautista-lquitos.	2024	<a href="https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/7506">https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/7506</a>	LaciudaddeLquitosenfrentaproblemasdeasentamientos desordenados y viviendas construidas sin considerar el clima, suelo y materiales locales. Esta investigación propone un diseño de vivienda bioclimática en San Juan Bautista para reducir el consumo energético. Utilizando la norma E.050, investigación bibliográfica y el software Revit, se analizan características actuales, criterios constructivos y el subsuelo para proponer un diseño eficiente.

## CONCLUSIONES

La arquitectura bioclimática juega un papel esencial en la sostenibilidad y la eficiencia energética en el diseño de edificios, especialmente en un contexto global donde los desafíos ambientales y energéticos son cada vez más urgentes. Este enfoque busca crear construcciones que no solo proporcionen confort a los usuarios, sino que también reduzcan el impacto ambiental, promoviendo el uso responsable de los recursos naturales disponibles. A través de principios de diseño que integran el entorno natural y climático, la arquitectura bioclimática optimiza el uso de la luz solar, la ventilación natural y el aislamiento térmico, contribuyendo a la reducción de la demanda de energía y, por ende, de las emisiones de gases de efecto invernadero.

Una de las claves de la arquitectura bioclimática es su capacidad para adaptarse a las características locales, tanto climáticas como culturales. Un ejemplo notable de esto es la recuperación de estrategias culturales tradicionales, como los patios, que han sido utilizados por generaciones en diferentes culturas para proporcionar sombra, promover la circulación del aire y crear microclimas agradables dentro de los edificios. Estos espacios abiertos permiten aprovechar al máximo la luz natural sin sobrecalentar los interiores, favoreciendo la ventilación cruzada y contribuyendo a un ambiente interior más saludable y eficiente energéticamente.

Además, la inclusión de elementos culturales en el diseño bioclimático no solo mejora el desempeño energético de los edificios, sino que también enriquece el sentido de identidad y pertenencia de los usuarios. La arquitectura, al incorporar elementos tradicionales como los patios, puede crear un vínculo entre las generaciones pasadas y futuras, mientras se adapta a las necesidades modernas de sostenibilidad. Por tanto, la recuperación de estrategias culturales, como los patios, se presenta como una solución efectiva y simbólica en la transición hacia una arquitectura más bioclimática, capaz de enfrentar los retos del cambio climático sin perder de vista la historia y la cultura local.

En conclusión, la arquitectura bioclimática no solo tiene el potencial de transformar la forma en que diseñamos

y construimos, sino que también nos conecta con las tradiciones y el patrimonio cultural, demostrando que lo antiguo y lo nuevo pueden coexistir armoniosamente en la búsqueda de soluciones sostenibles y eficientes.

## REFERENCIAS

1. Zambrano, G. D. C. C., & Mero, J. L. C. (2020). Arquitectura bioclimática. *Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional*, 5(3), 751-779. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7398396>
2. Filippin, M. C., & Flores Larsen, S. E. (2023). Ejemplos de arquitectura bioclimática que contribuyen a la salud del habitante y del planeta. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/219632>
3. Genovese, P. V., & Zoure, A. N. (2023). Architecture trends and challenges in sub-Saharan Africa's construction industry: A theoretical guideline of a bioclimatic architecture evolution based on the multi-scale approach and circular economy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 184, 113593. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032123004501>
4. Pan, Y., Zhong, W., Zheng, X., Xu, H., & Zhang, T. (2024). Natural ventilation in vernacular architecture: A systematic review of bioclimatic ventilation design and its performance evaluation. *Building and Environment*, 111317. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360132324001598>
5. Guanilo León, J. A., & Loayza Huarcaya, I. L. (2023). Implementación del diseño bioclimático para mejorar el confort térmico en espacios arquitectónicos para jóvenes con discapacidad intelectual en El Agustino. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/104527>
6. Plazas, F. L., Sánchez, E. C., & Ruiz, P. G. (2024). Bioclimatic strategies in existing multifamily buildings to achieve cities decarbonization goals: Potential and relevance for Catalonia climates. *Cities*, 154, 105335. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264275124005493>
7. CONTRERAS, G. S. SOLUCIONES INNOVADORAS EN ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA Y EFICIENCIA ENERGÉTICA: CONSTRUYENDO DE MANERA SOSTENIBLE. [https://www.researchgate.net/profile/Gaston-SanglierContreras/publication/379436333\\_SOLUCIONES\\_INNOVADORAS\\_EN\\_ARQUITECTURA\\_BIOCLIMATICA\\_Y\\_EFICIENCIA\\_ENERGETICA\\_CONSTRUYENDO\\_DE\\_MANERA\\_SOSTENIBLE/links/66092aadf5a5de0a9feedba9/SOLUCIONES-INNOVADORAS-EN-ARQUITECTURA-BIOCLIMATICA-Y-EFICIENCIA-ENERGETICA-CONSTRUYENDO-DE-MANERA-SOSTENIBLE.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Gaston-SanglierContreras/publication/379436333_SOLUCIONES_INNOVADORAS_EN_ARQUITECTURA_BIOCLIMATICA_Y_EFICIENCIA_ENERGETICA_CONSTRUYENDO_DE_MANERA_SOSTENIBLE/links/66092aadf5a5de0a9feedba9/SOLUCIONES-INNOVADORAS-EN-ARQUITECTURA-BIOCLIMATICA-Y-EFICIENCIA-ENERGETICA-CONSTRUYENDO-DE-MANERA-SOSTENIBLE.pdf)
8. Vettorazzi, E., Figueiredo, A., Rebelo, F., Vicente, R., & Feiertag, G. A. (2023). Beyond passive House: Use of evolutionary algorithms in architectural design. *Journal of Building Engineering*, 76, 107058. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352710223012378>
9. Elaouzy, Y., & El Fadar, A. (2022). Impact of key bioclimatic design strategies on buildings' a. *SustainableDevelopment*, 68, 532-549. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0973082622000710>
10. Rodenas Parra, G. (2022). La arquitectura bioclimática. Análisis regulatorio y estudio caso práctico (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València). <http://hdl.handle.net/10251/181307>
11. Ríos, R. A. P. (2024). Tecnologías inmersivas como herramienta para el diseño arquitectónico: revisión de literatura. <https://pure.udem.edu.mx/es/publications/tecnolog%C3%ADas-inmersivas-como-herramienta-para-el-dise%C3%B1o-arquitect%C3%B3>
12. Mellado, E. M. D. (2023). Resiliencia microclimática del patio mediterráneo: evaluación de confort térmico y ahorro energético asociados al uso de estrategias pasivas en el diseño de patios (Doctoral dissertation, Universidad de Sevilla). <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=322582>
13. Soust-Verdaguer, B., Gómez de Cózar, J. C., & García-Martínez, A. (2023, November). El cálculo de la huella de carbono en herramientas digitales de diseño: reflexiones sobre experiencias docentes. In *Jornadas sobre Innovación Docente en Arquitectura* (Vol. 1, No. 11). Grup per a la Innovació i la Logística Docent en l'Arquitectura (GILDA). <https://revistes.upc.edu/index.php/JIDA/article/view/12371>
14. Leon Vergara, A. R. (2024). Propuesta de diseño de una vivienda bioclimática para reducir el consumo energético en el distrito de San Juan Bautista-Iquitos. <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/7506>

## FINANCIACIÓN

Ninguna.

## CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

## CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

*Conceptualización:* Juan Alberto Almirón Cuentas, David Hugo Bernedo-Moreira.

*Curación de datos:* Juan Alberto Almirón Cuentas, David Hugo Bernedo-Moreira.

*Análisis formal:* Juan Alberto Almirón Cuentas, David Hugo Bernedo-Moreira.

*Investigación:* Juan Alberto Almirón Cuentas, David Hugo Bernedo-Moreira.

*Metodología:* Juan Alberto Almirón Cuentas, David Hugo Bernedo-Moreira.

*Administración del proyecto:* Juan Alberto Almirón Cuentas, David Hugo Bernedo-Moreira.

*Recursos:* Juan Alberto Almirón Cuentas, David Hugo Bernedo-Moreira.

*Software:* Juan Alberto Almirón Cuentas, David Hugo Bernedo-Moreira.

*Supervisión:* Juan Alberto Almirón Cuentas, David Hugo Bernedo-Moreira.

*Validación:* Juan Alberto Almirón Cuentas, David Hugo Bernedo-Moreira.

*Visualización:* Juan Alberto Almirón Cuentas, David Hugo Bernedo-Moreira.

*Redacción - borrador original:* Juan Alberto Almirón Cuentas, David Hugo Bernedo-Moreira.

*Redacción - revisión y edición:* Juan Alberto Almirón Cuentas, David Hugo Bernedo-Moreira.