

## Innovaciones en ingeniería civil, materiales sostenibles y estructuras resilientes

Innovations in Civil Engineering, Sustainable Materials, and Resilient Structures

*Inovações em Engenharia Civil, Materiais Sustentáveis e Estruturas Resilientes*

ARTÍCULO ORIGINAL



Escanea en tu dispositivo móvil  
o revisa este artículo en:

<https://doi.org/10.33996/revistaingenieria.v9i24.137>

Ronald Lenin Pérez Martínez 

rony2296@hotmail.com

Bryan Raúl Rodríguez Vaca 

bryanrrv1994@gmail.com

Geovanny Alejandro Pérez Martínez 

djobi\_p@hotmail.com

Elizabeth Ivonne Rodríguez Vaca 

ivorodri91@gmail.com

Investigador Independiente. Riobamba, Ecuador

Artículo recibido 19 de junio 2025 / Aceptado 10 de agosto 2025 / Publicado 02 de septiembre 2025

### RESUMEN

La construcción sostenible permite enfrentar los retos ambientales y sociales del sector. Es por ello que, el objetivo de la investigación fue analizar las innovaciones en materiales sostenibles y estructuras resilientes en el sector de la construcción. Para ello, se realizó una revisión sistemática basada en el método PRISMA, donde se identificaron 20 estudios publicados a partir del año 2021. Los resultados evidenciaron como tendencias principales el desarrollo de materiales novedosos como concretos translúcidos, autorreparables y de ultra alto rendimiento; la revalorización de materiales naturales y tradicionales como bambú, guadua, adobe y tierra comprimida; y la incorporación de residuos reciclados en hormigones y geosintéticos que reducen emisiones y costos. También se destacaron procesos constructivos innovadores como la impresión 3D y diseños estructurales orientados a la resiliencia urbana. Se concluye que, la integración de estas innovaciones requiere validación técnica, políticas públicas claras y cooperación multisectorial para consolidar su impacto.

**Palabras clave:** Construcción sostenible; Ingeniería civil; Materiales de construcción; Resiliencia; Tecnología innovadora

### ABSTRACT

Sustainable construction allows us to address the environmental and social challenges of the sector. Therefore, the objective of this research was to analyze innovations in sustainable materials and resilient structures within the construction industry. To this end, a systematic review based on the PRISMA method was conducted, identifying 20 studies published since 2021. The results highlighted the development of novel materials such as translucent, self-healing, and ultra-high-performance concretes; the revaluation of natural and traditional materials such as bamboo, guadua (a type of bamboo), adobe, and compressed earth; and the incorporation of recycled waste into concretes and geosynthetics, which reduces emissions and costs. Innovative construction processes such as 3D printing and structural designs geared towards urban resilience were also highlighted. The study concludes that the integration of these innovations requires technical validation, clear public policies, and multisectoral cooperation to consolidate their impact.

**Key words:** Sustainable construction; Civil engineering; Construction materials; Resilience; Innovative technology

### RESUMO

A construção sustentável permite abordar os desafios ambientais e sociais do setor. Portanto, o objetivo desta pesquisa foi analisar inovações em materiais sustentáveis e estruturas resilientes no setor da construção civil. Para tanto, foi realizada uma revisão sistemática baseada no método PRISMA, identificando 20 estudos publicados desde 2021. Os resultados destacaram o desenvolvimento de novos materiais, como concretos translúcidos, autocurativos e de ultra-alto desempenho; a revalorização de materiais naturais e tradicionais, como bambu, guadua (um tipo de bambu), adobe e terra compactada; e a incorporação de resíduos reciclados em concretos e geossintéticos, o que reduz emissões e custos. Processos construtivos inovadores, como impressão 3D e projetos estruturais voltados para a resiliência urbana, também foram destacados. Conclui-se que a integração dessas inovações requer validação técnica, políticas públicas claras e cooperação multisectorial para consolidar seu impacto.

**Palavras-chave:** Construção sustentável; Engenharia civil; Materiais de construção; Resiliência; Tecnologia inovadora

## INTRODUCCIÓN

La construcción contemporánea enfrenta una crisis ambiental que demanda transformaciones en las prácticas de ingeniería civil. Según Aceves et al. (2021), el sector de la construcción está involucrado en la emisión de carbono y otros materiales contaminantes, posicionándose como uno de los mayores contribuyentes al cambio climático. Esta realidad impulsa la búsqueda de alternativas sostenibles que mantengan la funcionalidad, pero reduzcan el impacto ambiental. En este sentido, Franco et al. (2023) plantean que la innovación urbana debe combinar dimensiones sociales, económicas y ambientales, donde se promuevan ciudades inclusivas, resilientes y sostenibles mediante políticas públicas locales, planificación territorial y el desarrollo de infraestructuras seguras y eficientes que disminuyan vulnerabilidades y fortalezcan la capacidad adaptativa frente al cambio climático y los desastres naturales.

El desarrollo de materiales sostenibles representa un paradigma que ha surgido en la ingeniería civil, donde según Guzmán et al. (2025), la innovación tecnológica se combina con principios de economía circular para crear soluciones constructivas más eficientes. Hernández et al. (2021) documentan que los materiales de construcción alternativos, como el adobe, la madera, el cáñamo, la paja, el bambú y los ecoladrillos confeccionados con residuos domésticos, ganan relevancia debido a sus propiedades mejoradas de resistencia, durabilidad y eficiencia energética. Estos materiales, desde la percepción de Carhuallanqui

et al. (2025) reducen las emisiones de carbono y optimizan el uso de recursos naturales mediante la incorporación de residuos industriales y agrícolas como componentes estructurales.

La resiliencia constituye otro pilar importante en la evolución de la ingeniería civil en la actualidad. Reséndiz y Colella (2023) definen las estructuras resilientes como aquellas que conservan su funcionalidad operacional durante y después de eventos extremos como terremotos, inundaciones y huracanes. Este desempeño requiere materiales y sistemas constructivos con capacidad para absorber energía y resistir deformaciones sin comprometer su integridad. Arellano (2024), sostiene que esta integración entre sostenibilidad y resiliencia impulsa el desarrollo de materiales compuestos innovadores, sistemas de refuerzo avanzados y técnicas de diseño. Ondiviela et al. (2025) por su parte, identifican una relación directa entre resiliencia y creatividad, donde la innovación tecnológica permite la anticipación de riesgos, la minimización de impactos y la aceleración de los procesos de recuperación.

No obstante, la implementación efectiva de estas innovaciones encuentra desafíos complejos que merecen examen detallado. Según Salazar (2024), la transición hacia materiales sostenibles requiere superar barreras tecnológicas, resistencias institucionales y vacíos en marcos normativos. En complemento, Zambrano et al. (2024) identifican que la escasa transferencia tecnológica entre academia e industria obstaculiza la adopción de desarrollos innovadores en proyectos reales. Además, Villao

y Llangarí (2024) demuestran que la evaluación del ciclo de vida de los nuevos materiales constituye un elemento importante para validar su sostenibilidad real frente a alternativas convencionales.

En consecuencia, las soluciones de innovación sostenible no se aplican de manera generalizada, a pesar de su comprobado potencial técnico y ambiental. Esta limitación se observa con mayor intensidad en países de la región, donde existen avances en el desarrollo de materiales, pero su implementación permanece restringida. Las causas se relacionan con la resistencia al cambio en las prácticas constructivas, la insuficiencia de marcos regulatorios y el desconocimiento sobre el desempeño a largo plazo de materiales alternativos. La situación ideal sería un sector constructivo que incorpore principios de sostenibilidad y resiliencia en todos sus proyectos. Frente a este escenario, surgen las siguientes preguntas de investigación: ¿Qué innovaciones en materiales sostenibles y estructuras resilientes se han desarrollado en la ingeniería civil reciente? ¿Cuáles son sus beneficios y limitaciones para transformar el sector constructivo?

Un estudio en este sentido contribuiría a fortalecer el conocimiento disperso sobre innovaciones constructivas sostenibles, lo que proporcionaría una base fundamentada para la toma de decisiones en política sectorial, diseño curricular en ingeniería y desarrollo tecnológico empresarial. La identificación de tendencias y patrones de investigación permitiría orientar

recursos hacia soluciones con mayor potencial de impacto. La documentación de casos exitosos y lecciones aprendidas en contextos latinoamericanos serviría como referencia para replicar experiencias en proyectos de infraestructura y vivienda. Esta investigación adquiere significación ante los compromisos climáticos internacionales y la necesidad de transformar los métodos constructivos convencionales. Debido a ello, la presente revisión sistemática tuvo como objetivo analizar las innovaciones en materiales sostenibles y estructuras resilientes en el sector de la construcción.

## MÉTODO

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque cualitativo, mediante una revisión sistemática de la literatura, con base en las directrices PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) en su versión actualizada de 2020. Este marco metodológico permitió la identificación, selección y síntesis de estudios sobre innovaciones en ingeniería civil, materiales sostenibles y estructuras resilientes. El proceso de búsqueda bibliográfica se realizó en múltiples bases de datos académicas. Las mismas fueron Scopus, Google Scholar, Dialnet, Redalyc y Scielo. La selección de estos repositorios se debió a su amplia cobertura de literatura científica y su reconocida trayectoria en el ámbito educativo. Este procedimiento garantiza el acceso a publicaciones recientes, pertinentes y con una representación geográfica diversa.

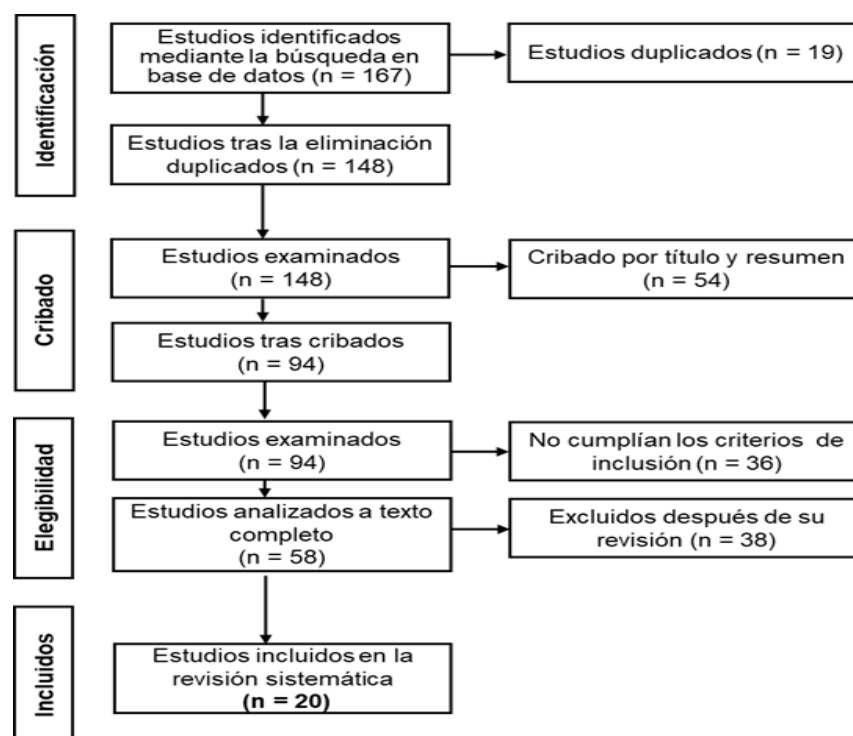
En la fase de selección de los estudios, se

implementaron criterios de filtrado que restringieron los resultados según el año de publicación, el idioma de los documentos y su tipología. La estrategia de búsqueda empleó los operadores booleanos AND, OR y NOT para combinar términos como "materiales sostenibles", "estructuras resilientes" e "innovación en construcción", junto con sus equivalentes en inglés. De esta manera se identificaron investigaciones que abordaron dimensiones técnicas, ambientales y socioeconómicas de la construcción sostenible. Esto permitió incorporar en la revisión perspectivas sobre la viabilidad técnica, la reducción de huella de carbono, los beneficios económicos y los desafíos de implementación que reporta la literatura especializada.

La definición de criterios de inclusión y exclusión aseguró que los estudios seleccionados mantuvieran una correspondencia temática directa, relevancia conceptual y rigor metodológico. Los criterios de inclusión consideraron en específico las investigaciones que analizaran materiales de construcción sostenibles, diseños estructurales resilientes o procesos constructivos innovadores. La selección también requirió que los documentos fueran artículos originales, publicados en revistas con revisión por pares, disponibles en acceso abierto, en idioma español o inglés, y dentro del periodo temporal establecido entre enero de 2021 y noviembre de 2025. Por otro lado, se excluyeron todas las investigaciones que no cumplieron con estos parámetros, junto con documentos duplicados, tesis académicas, literatura gris y estudios que carecieron de validación

experimental o sustento empírico.

El proceso de selección de estudios se organizó en cuatro fases: búsqueda inicial, cribado por título y resumen, evaluación de texto completo y extracción de datos mediante una matriz estructurada. La Figura 1 ilustra el flujo completo de este procedimiento, que culminó con la inclusión de 20 artículos. La aplicación rigurosa de este protocolo aseguró un cribado transparente y sistemático, con alineación a estándares metodológicos internacionales. Este enfoque fortalece la validez de los hallazgos y favorece la replicabilidad del estudio, mediante la trazabilidad y consistencia documentada en todas las etapas de la revisión.

**Figura 1.** Diagrama de flujo PRISMA para la revisión sistemática.

## RESULTADOS

La extracción de datos se sustentó en una matriz de análisis estructurada que sistematizó la información importante de cada estudio incluido. Este instrumento recopiló datos específicos sobre las características bibliográficas, la naturaleza y categoría de la innovación reportada, la composición y propiedades fisicomecánicas de los materiales, las aplicaciones estructurales documentadas, y los hallazgos principales con sus respectivas conclusiones. La matriz permitió una organización comparativa de las evidencias, lo que facilitó la identificación de patrones y tendencias en el desarrollo de materiales sostenibles y soluciones estructurales resilientes en el ámbito de la ingeniería civil.

La revisión sistemática de la literatura permitió identificar 20 estudios que cumplieron con los criterios de inclusión. El análisis de la distribución geográfica de estas publicaciones destaca una concentración significativa en dos países: Ecuador, con 9 estudios (45 % del total), y Colombia, con 6 estudios (30 %). En una proporción menor, se registraron contribuciones de México (2 estudios, 10 %), Costa Rica (1 estudio, 5 %) y Paraguay (1 estudio, 5 %). Además, un estudio (5 %) tuvo un alcance multinacional, al abarcar los casos de Brasil, Argentina y Chile. Esta distribución evidencia un interés académico y tecnológico en la innovación para una construcción sostenible en América Latina, donde se posiciona Ecuador y Colombia como los actores más prominentes en la producción científica sobre la materia.

Por otro lado, el análisis de la distribución temporal de las publicaciones identificadas muestra una tendencia de crecimiento en los últimos años. El número de estudios se ha incrementado de manera progresiva, al pasar de 4 publicaciones en 2021 y 3 en 2022, a 5 estudios en 2023 y 5 en 2024. Cabe destacar que, para el año en curso, ya se han registrado 3 estudios hasta el mes de noviembre de 2025, lo que indica que la producción científica mantiene una trayectoria ascendente. Este es un indicador robusto del dinamismo y el creciente fortalecimiento del campo, lo cual puede atribuirse a un interés académico y técnico acelerado. Quizás esté impulsado por la coincidencia de presiones ambientales globales y la adopción de objetivos de sostenibilidad en marcos normativos internacionales, lo que posiciona la innovación en materiales y estructuras como una prioridad sectorial.

La sistematización de las innovaciones identificadas destaca una predominancia de estudios centrados en innovación en materiales, seguidos por investigaciones sobre procesos constructivos sostenibles y técnicas de diseño estructural resiliente. La distribución de los estudios evidencia el predominio de la innovación en materiales, que constituye el 65 % (13 estudios) de todos los analizados. Dentro de esta categoría, es posible identificar tres focos de desarrollo. El primero son materiales novedosos, con desarrollos como el concreto translúcido (López, 2025), hormigones autorreparables con cápsulas químicas o bacterias (Baque et al.,

2023), hormigones de ultra alto rendimiento (Latorre, 2024) y materiales inteligentes como la celulosa vegetal revalorizada (Monroy et al., 2022). Estos materiales buscan añadir funcionalidades avanzadas (autoreparación, eficiencia energética) más allá de las prestaciones mecánicas básicas.

En continuidad de lo anterior, dentro de la categoría de materiales novedosos también se encuentran los materiales sostenibles y tradicionales revalorizados, los cuales contribuyen a la optimización de materiales de bajo impacto ambiental. Esto contempla el uso de bambú y caña guadua (Calle et al., 2023; Somoza et al., 2022), técnicas tradicionales como la tapia y el adobe (Yepes y Bedoya, 2023), y tierra comprimida (Zambrano y Proaño, 2025). Su valor reside en su renovabilidad, baja huella de carbono y capacidad para promover la economía local. El último foco de desarrollo de los materiales novedosos identificados en los estudios analizados son los materiales reciclados y de economía circular entre los que destaca la utilización de residuos como materias primas, destacándose los geosintéticos a base de polímeros (Ardila et al., 2024), los residuos plásticos en concretos (Molina y Ortega, 2021; Laguna y Martínez, 2022) y los residuos mineros (Casadiego et al., 2021).

En relación a la segunda categoría, la referente a los procesos constructivos sostenibles (4 estudios, 20%), se destaca la impresión 3D como tecnología disruptiva. En este caso se encuentra la impresión con cemento reciclado

(López, 2025); así como, suelos y arcillas locales (Conde et al., 2024), donde se señala su potencial para reducir emisiones y costos, aunque también se advierte sobre desafíos técnicos como la resistencia mecánica y la durabilidad. Otros estudios en esta categoría se centran en la integración de la sostenibilidad en la planificación de proyectos de extensión universitaria (Soledad, 2024) y en emprendimientos turísticos comunitarios (Rodríguez et al., 2023).

Respecto a la última categoría de innovaciones identificadas en los estudios analizados, la de innovación en diseño estructural (3 estudios, 15 %) se orienta hacia la integración de principios de sostenibilidad y resiliencia desde la fase conceptual. En ella se encuentran las técnicas de ecodiseño para mejorar la eficiencia energética y la circularidad (Luna et al., 2024), la planificación urbana resiliente ante desastres (Franco et al., 2023), y el diseño que optimiza el uso de materiales para reducir su consumo (Latorre, 2024). Estos enfoques comparten la visión que prioriza la evaluación del ciclo de vida y la adaptación proactiva a las amenazas climáticas, lo cual constituye una base metodológica importante para la transformación del sector constructivo.

En otra dimensión de análisis, la relacionada a la composición y materias primas reportadas, en los estudios se apreció una tendencia hacia la sustitución de recursos convencionales por alternativas de menor impacto ambiental. Esta transición se manifiesta en tres ejes principales. El primero corresponde a la revalorización de materiales naturales y tradicionales, como la

caña guadua, el bambú, la tierra para tapia y el adobe, que se destacan por su renovabilidad y baja huella de carbono. El segundo, integra subproductos industriales, con la incorporación de escorias, cenizas volantes y residuos de minería para reemplazar constituyentes del cemento y el hormigón. En el tercer eje, de notable relevancia, se promueve la economía circular a través de la transformación de residuos sólidos como plásticos PET, polipropileno y caucho de llantas, en agregados para composites y elementos constructivos, lo que reduce la extracción de áridos vírgenes y mitiga la contaminación.

En correspondencia con esto, la diversidad de materias primas analizadas demuestra un potencial técnico y ambiental significativo. Los materiales de origen natural mejoran el confort térmico y acústico en las edificaciones, los geosintéticos a base de polímeros reciclados ofrecen una solución resiliente para la estabilización de suelos y la construcción de infraestructura vial con la reducción de emisiones. De forma paralela, los hormigones con adiciones minerales o fibras, y los desarrollos más avanzados como los concretos translúcidos y autorreparables, buscan optimizar el desempeño estructural y la durabilidad. No obstante, los estudios también identifican desafíos, como una resistencia mecánica limitada en compuestos con suelos y fibras naturales, una alta sensibilidad al agua en algunos materiales y la necesidad de superar barreras normativas y culturales para una adopción a gran escala de estas soluciones sostenibles.

Respecto a las aplicaciones estructurales reportadas en los estudios, se destacó la priorización de edificación de viviendas e infraestructura social, con 11 investigaciones (el 55 % del total de estudios). Los proyectos abarcan desde viviendas unifamiliares hasta urbanizaciones. Otra aplicación se concentra en infraestructura comunitaria, como escuelas, hospitales y redes de agua, que recibe especial atención en proyectos de extensión universitaria. De igual manera, se identifica un interés notable en infraestructura resiliente de mayor escala, con cinco estudios (el 5 % de todos los estudios) enfocados en puentes, muros de contención, carreteras y estructuras marinas. También se constató la construcción de infraestructura turística comunitaria, donde la sostenibilidad se articula con el desarrollo económico local. Asimismo, la planificación urbana demanda soluciones estructurales para ciudades más inclusivas y resilientes.

En lo que concierne a los principales hallazgos de los estudios analizados, se pudo apreciar que las innovaciones en materiales sostenibles generan beneficios ambientales y técnicos cuantificables. Los materiales de origen natural y los compuestos reciclados producen una reducción directa en la huella de carbono de las edificaciones; los geosintéticos, por ejemplo, disminuyen las emisiones en un 80 % comparados con soluciones convencionales. Estos materiales alternativos mejoran propiedades como el aislamiento térmico y acústico, a la vez que promueven una economía circular mediante la reutilización de residuos industriales y domésticos. Desarrollos avanzados

como el hormigón autorreparable ofrecen una mayor durabilidad y resiliencia al sellar microfisuras de forma autónoma, lo que deriva en una significativa reducción de los costos de mantenimiento a largo plazo y una mayor vida útil de las estructuras.

Pese a las ventajas, en los hallazgos también se identificaron desafíos técnicos y de adopción como barreras para la implementación a gran escala. Muchos materiales sostenibles, en especial los basados en tierra o fibras naturales, presentan una resistencia mecánica limitada y una alta sensibilidad a la humedad, lo que exige más investigación en aditivos y técnicas de estabilización. La literatura también reporta obstáculos normativos, culturales y económicos, como la falta de marcos regulatorios adecuados, la preferencia por métodos convencionales y una capacitación insuficiente entre los actores del sector. La superación de estas limitaciones requiere una cooperación estratégica entre la academia, el sector privado y los gobiernos para fortalecer las políticas públicas, impulsar la innovación y demostrar la viabilidad técnica y económica de estas soluciones, con lo que se cierra la brecha entre la investigación y su aplicación práctica en el campo.

**Tabla 1.** Síntesis de los estudios incluidos en la revisión sistemática sobre innovaciones en ingeniería civil, materiales sostenibles y estructuras resilientes.

No.	Autor (año) / País	Tipo de innovación / Categoría	Composición y materias primas	Aplicación estructural	Principales hallazgos
1	López (2025) / Colombia	Materiales / Material novedoso.	Concreto translúcido con fibras ópticas; cemento reciclado mediante impresión 3D (3DPC).	Edificios y viviendas.	Se resalta el potencial del concreto translúcido para reducir el uso de luz artificial y mejorar la eficiencia energética en edificaciones y el cemento reciclado impreso en 3D se presenta como alternativa sostenible frente al cemento Portland, al ser reciclable y favorecer la absorción de CO <sub>2</sub> . En Colombia la adopción enfrenta barreras económicas y culturales, pero se reconoce que estos materiales pueden transformar la construcción hacia prácticas más sostenibles y resilientes si se impulsa la investigación y la innovación.
2	Suárez et al. (2025) / Ecuador	Procesos constructivos y planificación / Técnica de diseño y planificación sostenible.	No se refiere.	Infraestructuras públicas, viviendas, transporte y obras urbanas.	Se evidencian avances en evaluación de riesgos, certificaciones ambientales y eficiencia estructural, aunque persisten vacíos en factores socioeconómicos y marcos regulatorios. La financiación climática privilegia la mitigación sobre la adaptación. La digitalización y los incentivos financieros se reconocen como estratégicos, pero su aplicación es limitada. Se destaca la cooperación entre gobiernos, sector privado y academia para fortalecer la planificación sostenible. Las tendencias apuntan a mayor regulación, optimización de recursos y soluciones basadas en la naturaleza, aunque faltan estudios de largo plazo.

3	Zambrano y Proaño (2025) Ecuador	Materiales de diseño estructural / Técnica de diseño y uso de materiales sostenibles.	y Bambú, ladrillo de tierra comprimida, madera laminada cruzada (CLT), materiales reciclables de baja huella de carbono.	Viviendas, edificios públicos, proyectos urbanos.	El estudio evidencia que materiales ecológicos, diseño pasivo y energías renovables reducen consumo energético y emisiones de CO <sub>2</sub> en edificaciones. La construcción sostenible puede mejorar eficiencia, disminuir impactos ambientales y generar beneficios económicos si se fortalecen políticas públicas y la investigación aplicada.
4	Ardila et al. (2024) Brasil, Argentina y Chile	Materiales / Material novedoso.	/ Polímeros sintéticos como poliéster (PET), polipropileno (PP) y alcohol polivinílico (PVA).	Muros de contención, puentes, viaductos, carreteras y sistemas de refuerzo de suelos.	Los geosintéticos reducen hasta un 80 % la huella de CO <sub>2</sub> frente a soluciones convencionales de hormigón, mejoran la resistencia y estabilidad de infraestructuras y prolongan la vida útil de carreteras al disminuir mantenimientos. En puentes y muros de contención muestran menor impacto ambiental y facilidad de instalación, además de integración paisajística. Su aplicación favorece la sostenibilidad al reducir emisiones, optimizar recursos y ofrecer soluciones resilientes adaptadas a suelos blandos y condiciones climáticas adversas.
5	Conde et al. (2024) Colombia	Procesos constructivos / Método de construcción (impresión 3D).	Suelos, arcillas, arena, fibras naturales (paja, cáñamo, sisal), agua, aditivos (biopolímeros, NaOH, OPC en bajas proporciones).	Viviendas, muros, adobes, piezas constructivas mediante impresión 3D.	La impresión 3D con suelos y arcillas reduce emisiones y costos. Presenta baja resistencia mecánica y alta sensibilidad al agua, pero mejora con fibras y estabilizantes. Promueve sostenibilidad al usar recursos locales y confort térmico. Los retos principales son la edificabilidad y la durabilidad para escalar a nivel industrial.

6	Latorre (2024) / Ecuador	Materiales y diseño estructural / Material novedoso y técnica de diseño.	Hormigón armado con cemento Portland, escoria de alto horno, cenizas volantes, fibras de acero, vidrio, polímeros y adiciones minerales.	Puentes, edificios, pavimentos, estructuras marinas, infraestructuras de energías renovables y construcción prefabricada.	El hormigón armado asegura seguridad estructural al combinar resistencia a compresión y tracción. Los avances en diseño optimizado reducen materiales y aumentan eficiencia y el hormigón de ultra alto rendimiento ofrece gran durabilidad para estructuras exigentes. Las fibras de refuerzo controlan fisuras, las adiciones minerales disminuyen emisiones y el reciclaje conserva recursos. En aplicaciones marinas y energías renovables se requieren hormigones resistentes, y la prefabricación mejora calidad y tiempos. Persisten desafíos en modelos predictivos y tecnologías de monitoreo para mantenimiento.
7	Luna et al. (2024) / México	Diseño estructural / Técnica de diseño.	Concreto, acero, materiales reciclados, recursos renovables.	Sistemas de losas de concreto y edificaciones.	El ecodiseño reduce emisiones de CO <sub>2</sub> , fomenta economía circular y mejora eficiencia energética. Las estructuras diseñadas con criterios de sostenibilidad incrementan resiliencia ante fenómenos climáticos extremos. La certificación LEED ( <i>Leadership in Energy and Environmental Design</i> ) resulta una herramienta importante para evaluar sostenibilidad y resiliencia.
8	Soledad (2024) / Paraguay	Procesos constructivos / Método de construcción.	Agua potable, sistemas de drenaje, pavimentos, estructuras educativas y hospitalarias.	Infraestructura comunitaria (hospitales, escuelas, parques, redes de agua, drenajes urbanos, pavimentos).	Los proyectos de extensión universitaria se vinculan con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, generan impacto positivo en comunidades y mejoran infraestructura básica. Se destacan aportes en salud, educación, accesibilidad y gestión de agua.

9	Baque et al. (2023) / Ecuador	Materiales / Material novedoso.	/	Hormigón con cápsulas químicas, bacterias productoras de carbonato cálcico y agentes de reparación activados por estímulos externos.	Edificios y de estructuras concreto.	El hormigón autorreparable prolonga la vida útil de las estructuras al cerrar fisuras microscópicas y reducir la corrosión del refuerzo. Esta innovación disminuye costos de mantenimiento, optimiza el consumo energético y reduce la huella de carbono. Se identifican desafíos relacionados con compatibilidad de materiales, durabilidad y seguridad estructural. El hormigón autorreparable constituye una alternativa sostenible y resiliente, aunque requiere investigación continua para garantizar su viabilidad técnica y económica en proyectos de construcción.
10	Calle et al. (2023) / Ecuador	Materiales / Material sostenible.	/	Caña guadua (Guadua angustifolia).	Edificaciones turísticas (cabañas, alojamientos, senderos, puentes).	La caña guadua es renovable, resistente y económica. Reduce la huella de carbono, conserva recursos naturales y fortalece la participación comunitaria. Genera beneficios económicos al disminuir costos y sociales al preservar la cultura local.
11	Franco et al. (2023) / Ecuador	Procesos constructivos y diseño urbano / Método de construcción y técnica de planificación urbana.	No se refiere.		Ciudades y asentamientos urbanos.	La urbanización intensiva demanda planificación con sostenibilidad, inclusión y resiliencia. Los gobiernos locales deben aplicar políticas que reduzcan vulnerabilidades sociales y ambientales. La construcción sostenible requiere infraestructuras seguras y eficientes frente a desastres. Ciudades sostenibles se caracterizan por acceso a servicios básicos, renovación urbana, reducción de emisiones, comercio justo y reciclaje. La resiliencia urbana depende de gestión territorial y riesgos climáticos. La innovación en modelos de desarrollo urbano resulta esencial para enfrentar desigualdades y crisis ambientales.

12	Rodríguez et al. (2023) / Ecuador	Procesos constructivos / Método de construcción sostenible aplicado a turismo comunitario.	No se refiere.	Infraestructura turística comunitaria (alojamientos, espacios de servicios, emprendimientos locales).	La construcción sustentable ocupa un papel secundario en los emprendimientos turísticos comunitarios. El 58,33 % de los emprendedores aplica acciones para reducir impactos ambientales, aunque el 77,78 % identifica falta de capacitación y recursos como limitaciones. La incorporación de prácticas de construcción sustentable es fundamental para garantizar sostenibilidad a largo plazo, mejorar la calidad de vida de la población y preservar el entorno natural.
13	Yepes Bedoya (2023) / Colombia	y Materiales / Material tradicional revalorizado.	Tierra, suelo residual, combinaciones con madera, piedra, ladrillo y técnicas como tapia, bahareque y adobe.	Viviendas, edificios institucionales y proyectos patrimoniales.	Se evidenció un aumento en la aceptación de la tierra como material sostenible en Medellín, aunque persisten barreras normativas, culturales y comerciales. La academia ha incorporado asignaturas sobre construcción con tierra en programas de arquitectura e ingeniería, además algunas empresas reconocen su potencial técnico y estético. La tierra ofrece ventajas ambientales y térmicas, reduce el consumo energético y puede integrarse con materiales modernos, pero requiere mayor difusión y formación profesional para fortalecerse como opción resiliente y competitiva.

Laguna y Martínez (2022) / México y Materiales / Material reciclado y material natural revalorizado. / Caucho de llantas, cáscara de café con polímeros plásticos, láminas plásticas conductoras, madera transparente, tejas de plástico y caucho reciclado, botellas PET/PVC, nanomateriales con plásticos reciclados y fibras. / Viviendas, cubiertas, muros, ventanas, mobiliario y acabados arquitectónicos. / Se identifican materiales alternativos que reducen emisiones de CO<sub>2</sub> y fomentan la economía circular mediante la reutilización de residuos. Se destacan soluciones como impermeabilizantes con caucho, compuestos de café y plástico, madera transparente y nanomateriales que mejoran propiedades mecánicas y térmicas. Estas innovaciones ofrecen ventajas en aislamiento, durabilidad y reducción de desechos, lo que propicia edificaciones más sostenibles, resilientes y eficientes en el uso de recursos frente a los materiales convencionales.

15

Monroy et al. (2022) / Colombia y Materiales / Material novedoso. / Celulosa vegetal proveniente de papel y cartón reciclado; aditivos como almidón de yuca, xerófilas, poli acetato de vinil, cemento y polietileno. / Viviendas sociales, viviendas emergentes, muros divisorios, ladrillos ecológicos, estructuras temporales y mobiliario. / La celulosa vegetal es una alternativa sostenible que disminuye el impacto ambiental y el consumo energético frente a materiales convencionales. Los mampuestos elaborados con este recurso presentan menor peso, lo que reduce la carga muerta en las estructuras, los ladrillos y muros de papel reciclado aportan propiedades termoacústicas y ductilidad, útiles en viviendas ecológicas y sociales. Aunque requieren optimización en resistencia a la compresión mediante aditivos, experiencias internacionales demuestran su viabilidad en viviendas de emergencia.

16	Sornoza et al. (2022) / Ecuador	Materiales Material alternativo construcción.	/ de	Tierra, tapia, bahareque, caña mezclas geopoliméricas, bloques de suelo-cemento, bloques de tierra, plásticos reciclados, paneles aislantes.	madera, adobe, bambú, guadua,	Viviendas familiares, urbanizaciones y edificaciones sociales.	Los materiales alternativos contemplan opciones naturales y mezclas con inorgánicos reciclados. La tierra y la madera mejoran el confort térmico y acústico, el bambú y la guadua aportan resistencia en construcciones económicas. Bloques ecológicos y geopoliméricos sustituyen al cemento y reducen emisiones de CO <sub>2</sub> . El uso de plásticos reciclados en concreto disminuye impactos ambientales. La incorporación de materiales ecoamigables impulsa viviendas sostenibles con menor consumo energético y costos competitivos.
17	Alvarado et al. (2021) / Ecuador	Materiales Material novedoso.	/	Materiales reciclados; no se especifican aún los componentes exactos.		Bloques para construcción de viviendas y edificaciones.	El estudio propone un bloque elaborado con materiales reciclados como alternativa sostenible frente a insumos convencionales. La innovación busca reducir el impacto ambiental, aprovechar residuos sólidos y disminuir costos de producción. Se destaca su potencial para mejorar la eficiencia en la construcción y aportar resiliencia mediante el uso de recursos locales y reciclados. Aunque enfrenta retos técnicos, el prototipo representa una opción viable para edificaciones sostenibles y accesibles.

Casadiego et al. (2021) / Colombia	Materiales Material reciclado.	/	Residuos estériles de minería de oro con alto contenido de sílice (cuarzo, plagioclasa, micas, feldespatos, biotita, anfíboles).	Hormigón estructural y pavimentos.	y	Se evidenció que los residuos estériles de minería de oro con granulometría fina a media y alto contenido de sílice cumplen normas técnicas y alcanzan resistencias superiores a 21 MPa a los 28 días, clasificándose como concreto estructural. Su reutilización reduce la disposición de desechos en ríos, evita sedimentación y contaminación por metales, y ofrece una alternativa sostenible para bases de pavimentos y hormigón hidráulico en zonas rurales sin canteras cercanas, lo que favorece la eficiencia ambiental y resiliencia constructiva.
--	--------------------------------------	---	--	--	---	--

19	Hernández et al. (2021) / Costa Rica	Materiales Materiales alternativos.	/	Adobe, madera, cáñamo, paja, bambú, ecoladrillos con residuos domésticos.	Viviendas edificaciones general.	y en	Los materiales alternativos brindan soporte estructural y reducen impactos ambientales. El adobe aporta inercia térmica y aislamiento acústico, la madera regula humedad y mejora el aire, el cáñamo produce bloques resistentes y aislantes, la paja ofrece durabilidad y bajo costo energético, el bambú combina resistencia y captura de CO <sub>2</sub> , y los ecoladrillos reciclan plásticos para muros. En conjunto, disminuyen emisiones y residuos, favorecen la economía circular y fortalecen la resiliencia ambiental de las construcciones.
----	--	---	---	---	--	---------	---

20	Molina y Ortega (2021) Colombia	Material reciclado.	/	Poliétileno (PE), poliamidas (PA), poliuretano (PUR), poliétileno tereftalato (PET), polipropileno (PP).	Concretos y morteros para edificaciones y pavimentos.	Los residuos plásticos automotrices pueden emplearse como agregados en concretos y morteros, donde reducen la extracción de áridos y la disposición en rellenos sanitarios. Los plásticos seleccionados mejoran propiedades como resistencia a la compresión, tracción y durabilidad, además de disminuir permeabilidad y agrietamiento. Esta alternativa favorece la economía circular, transforma desechos en insumos útiles y aporta soluciones sostenibles para la construcción, con beneficios ambientales y eficiencia en el uso de recursos.
----	---------------------------------	---------------------	---	--	---	---

## DISCUSIÓN

Los resultados sistematizados evidenciaron una tendencia hacia la innovación en materiales sostenibles, con énfasis en la reutilización de residuos y el desarrollo de compuestos de bajo impacto ambiental. Este hallazgo se relaciona con lo planteado por Lizarraga (2024), quien identificó que plásticos, caucho y vidrio reciclados mejoran la durabilidad de pavimentos urbanos y reducen emisiones. Asimismo, Knezevich et al. (2025) confirmaron que hormigones con agregados reciclados y ladrillos plásticos alcanzan desempeños mecánicos comparables a los convencionales, con reducciones significativas de CO<sub>2</sub>. Ambos estudios refuerzan la idea de que la economía circular aplicada a materiales de construcción constituye un eje central para disminuir la huella ambiental y garantizar la viabilidad técnica en infraestructura urbana.

Además, otro resultado sistematizado mostró la revalorización de materiales naturales y tradicionales como bambú, guadua y tierra comprimida, que aportan baja huella de carbono y beneficios térmicos y acústicos. Cobacango et al. (2024) documentaron en Manabí la pertinencia de caña guadua, madera y bloques de tierra comprimida en vivienda social, donde destacaron su capacidad de captura de CO<sub>2</sub> y reducción de costos. De igual modo, Yadav y Mathur (2021) analizaron el bambú en India, en el que apreciaron su resistencia a tracción y potencial estructural, aunque señalaron limitaciones por humedad y

variabilidad geométrica. Estos aportes confirman que los materiales biobasados requieren validaciones técnicas y normativas para fortalecer su uso en edificaciones sostenibles.

Otro patrón identificado fue la incorporación de tecnologías constructivas innovadoras como la impresión 3D con cementos reciclados y suelos locales. Este resultado se contrasta con lo expuesto por Rocha et al. (2025), quien en Perú destacó la necesidad de soluciones pasivas de diseño bioclimático y materiales regionales para enfrentar riesgos hidrometeorológicos. Aizpurúa y Rivera (2025) en Panamá también reportaron experiencias con bloques reciclados y concreto reutilizado, donde señalaron beneficios en reducción de residuos y costos. Ambos estudios coinciden en que la innovación tecnológica debe integrarse con políticas locales y cadenas de suministro circulares para garantizar la sostenibilidad en contextos urbanos y amazónicos.

A ello se suma que la revisión sistemática también destacó la importancia de procesos constructivos sostenibles vinculados a la planificación urbana resiliente. Este resultado se relaciona con lo planteado por Franco et al. (2023), quienes consideran que la urbanización intensiva exige políticas que reduzcan vulnerabilidades sociales y ambientales mediante infraestructuras seguras y eficientes. Rojas et al. (2022) complementaron esta visión al identificar servicios urbanos importantes para espacios

públicos resilientes en México, como energía, agua y movilidad. Ambos enfoques muestran que la resiliencia urbana depende de combinar materiales sostenibles con políticas de gestión territorial y servicios básicos que fortalezcan la calidad de vida.

Otro elemento importante encontrado en la presente investigación fue la necesidad de superar barreras normativas, culturales y económicas que limitan la adopción de materiales sostenibles. En consonancia con esto, Carrillo et al. (2025) identificaron en Ecuador obstáculos como marcos normativos incipientes, costos de inversión y resistencia cultural, aunque señalaron facilitadores como incentivos económicos y certificaciones ambientales. Loor y Ruiz (2024) por su parte, aportaron evidencia experimental sobre el uso de poliestireno expandido en hormigones, al mostrar que la resistencia disminuye con mayores proporciones de viabilidad del poliestireno expandido, lo que restringe su aplicación. Estos resultados confirman que la adopción de materiales alternativos requiere estándares claros y políticas públicas que legitimen su uso.

Cabe señalar que también se destaca en el estudio la relevancia de la economía circular aplicada a la industria del cemento y el concreto. Este resultado se vincula con Mendoza y Díaz (2023), quienes plantearon que la industria latinoamericana debe adoptar diseño eficiente, uso de subproductos y trazabilidad para avanzar hacia cero emisiones. Jiménez (2024)

complementó esta perspectiva al señalar que la innovación de producto facilita la transición hacia modelos circulares, lo que promueve la recuperación de valor y extensión de vida útil. Se coincide con ambos estudios en que la economía circular en materiales cementicios y en productos constructivos es indispensable para reducir clinker y cerrar flujos de residuos.

No menos importante se hizo alusión en la investigación lo necesario que son los marcos regulatorios y metodológicos sólidos para la sostenibilidad en ingeniería civil. En correspondencia con esto, Trejos et al. (2023) evidenciaron que la investigación mundial sobre economía circular carece de indicadores estandarizados, lo que dificulta evaluar resultados. De igual manera se alinea con Zavala et al. (2024), quienes señalaron que la ingeniería civil evoluciona hacia un enfoque que incorpora eficiencia energética y responsabilidad social, pero enfrenta barreras por ausencia de normativas y resistencia cultural. Ambos aportes muestran que la sostenibilidad requiere políticas públicas efectivas y cooperación multisectorial para garantizar la implementación práctica de innovaciones.

Asimismo, en los estudios analizados se consideró que la gestión de proyectos debe incorporar sostenibilidad como eje transversal. Este resultado se relaciona con lo planteado por Franco et al. (2024), quienes destacaron que la gestión holística de proyectos de construcción

debe vincular principios de sostenibilidad con planificación, diseño y ejecución, lo que supera limitaciones como resistencia al cambio y baja incorporación de materiales sostenibles. Soliman et al. (2022) complementaron esta visión al señalar que la innovación en materiales debe considerar todo el ciclo de vida, desde producción hasta fin de uso, con especificaciones basadas en desempeño. Ambos estudios confirman que la sostenibilidad técnica debe acompañarse de gestión para lograr resiliencia y eficiencia en proyectos constructivos.

### CONCLUSIONES

El análisis de las innovaciones en materiales sostenibles y estructuras resilientes en el sector de la construcción confirma una transición hacia prácticas que buscan reducir la huella ambiental y fortalecer la durabilidad de las infraestructuras. Los resultados reflejan que la incorporación de materiales reciclados, naturales y de bajo impacto, junto con tecnologías constructivas innovadoras, ofrece beneficios técnicos y ambientales que pueden transformar el sector. Sin embargo, se identifican limitaciones asociadas con la resistencia mecánica de ciertos compuestos, la falta de normativas específicas y la necesidad de superar barreras culturales y económicas para su adopción.

Ante estos hallazgos, se propone la creación de marcos normativos que faciliten la incorporación de materiales alternativos en reglamentos de construcción. Los programas de

formación profesional requieren actualización para incluir técnicas con materiales sostenibles. Asimismo, se debe fortalecer la economía circular, establecer indicadores claros de desempeño y garantizar que la sostenibilidad se integre como eje transversal en la gestión de proyectos, de modo que las innovaciones puedan fortalecerse en aplicaciones reales y contribuir a la resiliencia de las comunidades. La articulación entre academia, sector productivo y entidades gubernamentales constituye un factor determinante para cerrar la brecha entre la innovación y su aplicación práctica en obras de ingeniería civil.

### REFERENCIAS

- Aceves, H., Mercado, S. M., López, O. y Arévalo, J. L. (2021). Documento: Procesos de construcción, emisión de dióxido de carbono y resultados socio-económicos durante la pandemia del covid-19 en México. *Telos Revista de Estudios Interdisciplinarios en Ciencias Sociales*, 23(2), 485-502. <https://doi.org/10.36390/telos232.17r>
- Aizpurúa, P. L. y Rivera, A. A. (2025). *Arquitectura Sostenible en Panamá: Innovación y Uso de Materiales Reciclados en la Construcción*. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 9(1), 12075-12096. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v9i1.16776](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i1.16776)
- Alvarado, A. J., Torres, J. A. y Valle, A. W. (2021). Prototipo de bloque con base en materiales reciclados para el desarrollo de la construcción sostenible. *Dominio de la Ciencias*, 7(3), 291-303. <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v7i3.1918>
- Ardila, L., Andrade, E., Mendiz, A. y Vega, G. (2024). Geosintéticos como solución sostenible para el desarrollo de infraestructura civil. *Proceedings of the 17th Pan-American Conference on Soil Mechanics*

- and Geotechnical Engineering (XVII PCSMGE), and 2nd Latin-American Regional Conference of the International Association for Engineering Geology and the Environment (IAEG), La Serena Chile. <https://www.igsargentina.com.ar/wp-content/uploads/2025/02/2024-SOSTENIBILIDAD-PANAMGEO-Geosynthetics-as-a-sustainable-solution.pdf>
- Arellano, A. (2024). Ciudad resiliente y sostenible en la metrópoli amigable ¿Conceptos disruptivos? *Acta Republicana Política y Sociedad*, 1(2), 21-26. <https://doi.org/10.32870/ar.v1i2.229>
- Baque, B. P., Pino, J. C. y Delgado, K. A. (2023). Estructuras sostenibles y hormigón autorreparable. *Revista Científica "INGENIAR"*, 6(12). <https://doi.org/10.46296/ig.v6i12edespoct.0120>
- Calle, W. M., González, T. J. y Alvarez, M. S. (2023). Análisis de la caña guadua como material de construcción sostenible para el desarrollo del ecoturismo en la Amazonía ecuatoriana. *Religación*, 8(38), e2301109. <https://doi.org/10.46652/rgn.v8i38.1109>
- Carhuallanqui, R. J., Mamani, P. D., Sosa, K. M. y Icho, J. M. (2025). De residuos a recursos: Un enfoque científico en la economía circular y su impacto en la sustentabilidad. *Ingeniería Siglo XXI*, 7(7), 68-84. <https://industrial.unmsm.edu.pe/investigacionfii/wp-content/uploads/2025/04/Ingenier%c3%83%c2%ada-Siglo-XXI-N%c3%82%c2%b0-7-1.pdf#page=68>
- Carrillo, D. S., Ramos, A. C. y Ramos, J. C. (2025). Barreras y facilitadores para la implementación de prácticas de economía circular en organizaciones de Ecuador. *PROHOMINUM. Revista de Ciencias Sociales y Humanas*, 7(2). <https://doi.org/10.47606/ACVEN/PH0344>
- Casadiegos, E., Gómez, W., Monroy, E. R. y Sánchez, J. L. (2021). La minería de oro sostenible: Implicaciones del uso de los residuos como agregado para hormigón. *INVENTUM*, 16(31), 71-77. <https://doi.org/10.26620/uniminuto.inventum.16.31.2021.71-77>
- Cobacango, L. A., Alcívar, M. G. y Vanga, M. G. (2024). Identificación de materiales alternativos y sostenibles utilizados en la construcción de vivienda social en Manabí. *Polo del Conocimiento*, 9(12), 2107-2138. <https://doi.org/10.23857/pc.v9i12.8606>
- Conde, N., Villaquirán, M. A. y Mejía, R. (2024). Manufactura aditiva de materiales basados en suelos: Estado actual y perspectivas futuras de esta tecnología de construcción amigable con el ambiente. *Revista UIS Ingenierías*, 23(2), 91-110. <https://doi.org/10.18273/revuin.v23n2-2024006>
- Franco, J. O., Crespo, H. L., Coello, D. O. S. y Jama, A. J. (2024). La gestión holística e integral de proyectos de construcción sostenible. *South Florida Journal of Development*, 5(10), e4505. <https://doi.org/10.46932/sfjdv5n10-021>
- Franco, J. O., Cusme, C. E. y Ramírez, G. X. (2023). Construcción de ciudades sostenibles, resilientes e inclusivas: Un enfoque innovador de desarrollo. *South Florida Journal of Development*, 4(1), 497-519. <https://doi.org/10.46932/sfjdv4n1-036>
- Guzmán, M. de los Á., Guapulema, J. J., Naranjo, W. C. y Vera, D. G. (2025). La química de los materiales sostenibles para la economía circular. *Revista Científica Multidisciplinaria Arbitrada Yachasun*, 9(16), 964-989. <http://www.editorialibkn.com/index.php/Yachasun/article/view/648>
- Hernández, M. F., Jiménez, S. I. y Sánchez, J. I. (2021). Materiales alternativos como oportunidad de reducción de impactos ambientales en el sector construcción. *Revista Tecnología en Marcha*, 34(2), 3-10. <https://doi.org/10.18845/tm.v34i2.4831>
- Jiménez, A. F. (2024). Innovación de producto como facilitador de la implementación de economía circular. *Revista científica anfibios*, 7(1), 11-16. <https://doi.org/10.37979/afb.2024v7n1.143>
- Knezevich, C. A., Plúa, A. J., Murillo, P. F. y Salgado, B. A. (2025). Uso de materiales reciclados en la construcción sostenible. *Revista Social Fronteriza*, 5(2), e638. [https://doi.org/10.59814/resofro.2025.5\(2\)e638](https://doi.org/10.59814/resofro.2025.5(2)e638)

- Laguna, J. H. y Martínez, S. A. (2022). Materiales alternativos en la arquitectura: Hacia una construcción sostenible. *Voces y Saberes*, 5, 4-17.  
<https://doi.org/10.22201/fesa.vocesysaberes.2022.5.33>
- Latorre, H. J. (2024). Avances en el Uso del Hormigón Armado en Ingeniería Civil: Una revisión sistemática. *Magazine de las Ciencias: Revista de Investigación e Innovación*, 9(3), 47-68.  
<https://doi.org/10.33262/rmc.v9i3.3161>
- Lizarraga, H. R. (2024). Evaluación de materiales sostenibles en la construcción de pavimentos urbano. *Revista Científica Ciencia Y Método*, 2(1), 41-54.  
<https://doi.org/10.55813/gaea/rcym/v2/n1/30>
- Loor, J. L. y Ruiz, W. E. (2024). Análisis de resistencia del hormigón utilizando poliestireno expandido como alternativa constructiva de alivianamiento en viviendas de interés social. *MQRInvestigar*, 8(3), 361-380.  
<https://doi.org/10.56048/MQR20225.8.3.2024.361-380>
- López, A. S. (2025). Materiales revolucionarios en la Ingeniería Civil. *Revista Neuronum*, 11(4), 26-29.  
<https://doi.org/10.7764/RIC.00131.21>
- Luna, F. J., Leal, J. C., Hernández, B. S., Ramirez, J. M. y Guzman, E. I. (2024). Sostenibilidad y Resiliencia en Estructuras. *Jóvenes en la Ciencia*, 28, 1-15.  
<https://doi.org/10.15174/jc.2024.4375>
- Mendoza, J. M. y Díaz, J. H. (2023). Circular economy in the Latin American cement and concrete industry: A sustainable solution of design, durability, materials, and processes. *Revista ALCONPAT*, 13(3), 328-348.  
<https://doi.org/10.21041/ra.v13i3.697>
- Molina, L. F. y Ortega, A. T. (2021). Residuos plásticos automotrices como agregados para concretos y morteros sostenibles. *Gestión y Ambiente*, 24(1), 89893.  
<https://doi.org/10.15446/ga.v24n1.89893>
- Monroy, J. E., Diaz, M. L. y Vera, M. C. (2022). Productos con celulosa vegetal: Una alternativa para la ingeniería civil. *Revista Internacional de Tecnología, Ciencia y Sociedad*, 11(4), 1-8.  
<https://doi.org/10.37467/revtechno.v11.4435>
- Ondiviela, J. A., Arvilla, E. N. y Moya, P. (2025). La creatividad como motor de la resiliencia en las ciudades: Cuanto más creativos, más resilientes. *Street Art & Urban Creativity*, 11(5), 67-89.  
<https://doi.org/10.62161/sauc.v11.5836>
- Reséndiz, A. y Colella, F. (2023). Reconstrucción resiliente y sustentable: Centro Comunitario Cuexcomate. *Arquitectura y Urbanismo*, XLIV(2), 59-68.  
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=376875648006>
- Rocha, C. A., Ocrospoma, F. N. y Navarro, L. C. (2025). Construcción Sostenible en Tarapoto, Perú: Retos y oportunidades en un contexto amazónico. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 9(1), 3792-3807.  
[https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v9i1.16122](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i1.16122)
- Rodríguez, P. D., Angumba, P. y Romo, C. (2023). Importancia de la construcción sustentable en el desarrollo de emprendimientos turísticos comunales. Caso de estudio Turi. *MQRInvestigar*, 7(3), 402-431.  
<https://doi.org/10.56048/MQR20225.7.3.2023.402-431>
- Rojas, A., Chung, P. y Correa, D. (2022). Servicios urbanos para la construcción de resiliencia en los espacios públicos de tipo abierto en México. *Vivienda y Comunidades Sustentables*, 11, 23-49.  
<https://doi.org/10.32870/rvcs.v0i11.178>
- Salazar, P. A. (2024). Optimización de tecnologías de construcción sostenible para mejorar tiempos y costos en la construcción ejemplos de comunidades rurales en América Latina. *Revista Ingenio global*, 3(2), 119-137.  
<https://doi.org/10.62943/rig.v3n2.2024.114>
- Soledad, Y. (2024). Contribución de proyectos de infraestructura y desarrollo sostenible para la comunidad, desde actividades de extensión de la facultad de ingeniería civil de la universidad nacional de itapúa, año 2023. *Interfaz*, 3(2), 10-21.  
<https://doi.org/10.57201/interfaz.2024.3.2.4754>
- Soliman, A., Hafeez, G., Erkmén, E., Ganesan, R., Ouf, M., Hammad, A., Eicker, U. y Moselhi, O. (2022). Innovative construction material

- technologies for sustainable and resilient civil infrastructure. *Materials Today: Proceedings*, 60, 365-372. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.01.248>
- Sornoza, J. A., Zambrano, R. W., Caballero, B. I. y Veliz, J. F. (2022). Materiales alternativos empleados en la construcción de viviendas en Ecuador: Una revisión. *Polo del Conocimiento*, 7(4), 1072-1097. <https://doi.org/10.23857/pc.v7i4.3875>
- Suárez, R. A., Vélez, B. P., Arévalo, D. F., Lino, V. A. y Carvajal, D. D. (2025). Infraestructuras resilientes al cambio climático: Análisis textual discursivo sobre adaptación, mitigación y sostenibilidad en la construcción. *Revista Científica Multidisciplinar G-nerando*, 6(1), 1931-1948. <https://doi.org/10.60100/rcmg.v6i1.507>
- Trejos, D., Carmona, K. y Duque, P. (2023). Mapeo científico de la investigación mundial en economía circular y desarrollo sostenible. *Desarrollo Gerencial*, 15(2), 1-27. <https://doi.org/10.17081/dege.15.2.6335>
- Villao, R. A. y Llangarí, B. K. (2024). Durabilidad de los materiales utilizados en proyectos de construcción ecológicos. *Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología e Investigación*, 7(14), 2-18. <https://journalingeniar.org/index.php/ingeniar/article/view/207>
- Yadav, M. y Mathur, A. (2021). Bamboo as a sustainable material in the construction industry: An overview. *Materials Today: Proceedings*, 43, 2872-2876. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.01.125>
- Yepes, A. M. y Bedoya, C. M. (2023). La construcción sostenible en el ámbito de la educación superior en Medellín, Colombia. El caso de la construcción con tierra. *Revista de Arquitectura*, 25(2), 10-22. <https://doi.org/10.14718/RevArq.2023.25.4603>
- Zambrano, L. A. y Proaño, K. R. (2025). Estado del arte sobre estructuras y eficiencia energética en construcciones civiles sostenibles. *Revista Científica "INGENIAR": Ingeniería, Tecnología e Investigación*, 8(15), 53-66. <https://doi.org/10.46296/ig.v8i15.0233>
- Zambrano, L., Acosta, R. I., Mayacela, C. M. y Renteria, L. F. (2024). La educación en ingeniería civil como motor para el desarrollo sostenible: Una perspectiva cualitativa. *Revista Pertinencia Académica*, 8(2), 14-26. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.12807334>
- Zavala, C. J., Lino, V., Cordero, M. O. y Sornoza, D. (2024). El rol de la ingeniería civil en el desarrollo sostenible: Tendencias y desafíos. *REVISTA ALCANCE*, 7(1). <https://doi.org/10.47230/ra.v7i1.57>