

Las Técnicas Enquichado en la Construcción de Vivienda sostenible para las Comunidades Rurales de Manabí Ecuador

Enquichado Techniques in the Construction of Sustainable Housing for Rural Communities of Manabí Ecuador

Técnicas de Enquichado na Construção de Habitação Sustentável para as Comunidades Rurais de Manabí, Equador

Kevin Alexander Delgado Mendoza, <https://orcid.org/0009-0007-1501-1553>

Julio César Pino Tarragó, <https://orcid.org/0000-0002-0377-4007>

Martha Johanna Álvarez Álvarez, <https://orcid.org/0000-0002-9879-0367>

Universidad Estatal del Sur de Manabí, Ecuador

*Autor para correspondencia: delgado-kevin0209@unesum.edu.ec

RESUMEN

El presente trabajo tiene como fin analizar la aplicación de las técnicas constructivas a partir del enquichado para la construcción de viviendas rurales sostenibles en la provincia de Manabí, Ecuador. El tema surgió en el contexto de los impactos medioambientales, sociales y económicos que ha provocado la construcción convencional, así como de la necesidad de alternativas resilientes, accesibles y culturalmente adecuadas. El objetivo central fue analizar los aportes técnicos, medioambientales, y sociales del enquichado desde una perspectiva crítica frente a sistemas constructivos tradicionales e industrializados. Se implementó una metodología mixta, descriptiva y explicativa. Se realizaron encuestas a la población rural, entrevistas a expertos y se desarrolló un análisis de ciclo de vida (ACV), siguiendo las normas ISO 14040–14044. La muestra estuvo constituida por comunidades de las parroquias Portoviejo, Rocafuerte, Jipijapa y Montecristi; así como por profesionales vinculados a la construcción sostenible. Los resultados demuestran que el enquichado implica una disminución de los costos de construcción de un 40 % respecto al hormigón armado; mejora la confortabilidad térmica y acústica y presenta una huella de carbono significativamente menor. Al mismo tiempo, el 90 % de la población encuestada manifestó conocer la técnica, e incluso un 60 % de esta población indicó haber habitado en viviendas que están construidas con la técnica, lo que resalta también su valor cultural e identitario.

Palabras clave: Construcción sostenible, enquichado, vivienda rural, Manabí, resiliencia climática.

ABSTRACT

The purpose of this work research is to analyze the application of construction techniques based on enquichado for the development of sustainable rural housing in the province of Manabí, Ecuador. The topic emerged from the context of the environmental, social, and economic impacts caused by conventional construction, as well as from the need for resilient, accessible, and culturally appropriate alternatives. The main objective was to examine the contributions (technical, environmental, and social) of enquichado from a critical perspective in comparison with traditional and industrialized construction systems. A mixed, descriptive, and explanatory methodology was implemented. Surveys were conducted among the rural population, interviews were carried out with experts—whose observations were complemented by fieldwork—and a Life Cycle Assessment (LCA) was developed following ISO 14040–14044 standards. The sample consisted of communities from the parishes of Portoviejo, Rocafuerte, Jipijapa, and Montecristi, as well as professionals involved in sustainable construction. The results show that enquichado reduces construction costs by 40% compared to reinforced concrete; improves thermal and acoustic comfort; and exhibits a significantly lower carbon footprint. At the same time, 90% of the surveyed population reported being familiar with the technique, and even 60% indicated having lived in homes built with it, underscoring its cultural and identity value as well.

Keywords: Sustainable construction, enquinchado, rural housing, Manabí, climate resilience.

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo analisar a aplicação das técnicas construtivas de enquinchado para a construção de habitações rurais sustentáveis na província de Manabí, Equador. O tema surgiu no contexto dos impactos ambientais, sociais e econômicos provocados pela construção convencional, bem como da necessidade de alternativas resilientes, acessíveis e culturalmente adequadas. O objetivo central foi analisar os aportes técnicos, ambientais e sociais do enquinchado a partir de uma perspectiva crítica em relação aos sistemas construtivos tradicionais e industrializados. Implementou-se uma metodologia mista, descritiva e explicativa. Foram realizadas pesquisas com a população rural, entrevistas com especialistas e desenvolvido um Análise de Ciclo de Vida (ACV), seguindo as normas ISO 14040–14044. A amostra foi constituída por comunidades das paróquias de Portoviejo, Rocafuerte, Jipijapa e Montecristi, assim como por profissionais vinculados à construção sustentável. Os resultados demonstram que o enquinchado implica uma redução de 40% nos custos de construção em comparação ao concreto armado; melhora o conforto térmico e acústico e apresenta uma pegada de carbono significativamente menor. Ao mesmo tempo, 90% da população pesquisada declarou conhecer a técnica, e até 60% indicou ter habitado em casas construídas com enquinchado, o que ressalta também seu valor cultural e identitário.

Palavras-chave: Construção sustentável, enquinchado, habitação rural, Manabí, resiliência climática.

Recibido: 19/2/2025 Aprobado: 2/3/2026

Introducción

Las prácticas tradicionales de construcción suelen representar, frente a los desafíos de la modernidad, una respuesta pertinente a la necesidad global de soluciones sostenibles. Esto resulta especialmente relevante en los contextos rurales, donde las condiciones sociales y la disponibilidad de recursos hacen imprescindible la búsqueda de alternativas posibles, adecuadas y respetuosas con la naturaleza.

En América Latina, la variabilidad de sus culturas y de su ecología ha determinado la aparición de un gran número de técnicas constructivas vernáculas, ligadas a la existencia de materiales de la región, de tierra, barro, cañas o madera, que, además de responder a las características del clima y de la sismicidad de la región, son la materialización del patrimonio cultural y de la sabiduría de las comunidades. Ahora bien, la modernización y, junto a esta, el crecimiento de sistemas constructivos industrializados ha apartado, poco a poco, estas prácticas (Chettri *et al.*, 2021); esto ha supuesto una pérdida de conocimiento tradicional e implicado una mayor dependencia frente a materiales industrializados que, aunque estandarizados, generan un mayor impacto en el medio ambiente y generan unos costes superiores. De forma contraria, la revalorización de técnicas ancestrales como el enquinchado puede constituir una oportunidad para la generación de modelos de viviendas rurales que sean capaces de poner de acuerdo accesibilidad económica, sostenibilidad medioambiental y adecuación cultural.

En el caso de Ecuador, en los últimos años la construcción sostenible se ha convertido en una temática de considerable relevancia tanto en el mundo académico como en las políticas públicas; distintos estudios lo han reafirmado, planteando la necesidad de recuperar prácticas tradicionales en función de las exigencias actuales en términos de seguridad estructural, eficiencia energética o habitabilidad (Cristancho *et al.*, 2025). Se puede afirmar que, en la provincia Manabí, el enquinchado es una técnica de gran tradición histórica y cultural, un sistema que se basa en estructuras entramadas de caña guadúa o madera recubierta con barro y que, por su propia estructura bidimensional, es considerada altamente flexible, ligera y capaz de soportar las distintas condiciones sísmicas de la zona, tomando como ejemplo los terremotos de 2016, donde distintas casas de enquinchado presentaron menos daños que los de hormigón armado. Sin embargo, el uso en la actualidad es escaso, sobre todo por sus connotaciones sociales, su falta de normativa que reconozca su aplicación formal y la falta de manuales técnicos que permitan reproducirlo de manera habitual.

Impacto ambiental de las técnicas de construcción

La dimensión del impacto ambiental de las técnicas constructivas constituye uno de los puntos clave al evaluar la sostenibilidad. Estudios recientes presentan conclusiones que contrarrestan algunas de las técnicas contemporáneas, concretamente la técnica de construcciones tradicionales, empleando, por ejemplo, el enquinchado, el cual puede llegar a presentar un impacto ambiental mucho menor que las técnicas modernas, de tipo contemporáneo. El trabajo de Cuitiño Rosales & Esteves, (2018) compara el ciclo de vida de viviendas para su edificación mediante técnicas tradicionales y pone de manifiesto que la edificación con la técnica constructiva tradicional genera una menor huella de carbono y un menor uso de recursos no renovables.

Las prácticas tradicionales de construcción, el entramado entrelazado, no son solamente positivas desde el lado ambiental, sino que como expresan Cuitiño Rosales *et al.* (2022) éstas son viables para las comunidades locales ya que pueden dar lugar a la generación de empleo local, proteger el saber ancestral y reforzar la cohesión social. Por tanto, la autoconstrucción con materiales locales puede ser capaz de reducir ampliamente las necesidades de inversión, con lo que las posibilidades de construir viviendas se vuelven más asequibles para las familias con pocos recursos.

En este marco, la conservación de las prácticas constructivas tradicionales se reconoce como un elemento de gran valor cultural. El enquinchado, al formar parte del patrimonio cultural inmaterial de las comunidades rurales de Manabí, constituye una expresión de su historia y de su identidad. Preservar estas tradiciones constructivas resulta, por tanto, una estrategia viable para proteger el patrimonio cultural y fortalecer las identidades locales, promoviendo la cohesión comunitaria y el orgullo entre sus habitantes.

Integración de técnicas tradicionales y modernas

La combinación de procedimientos de construcción tradicionales con muchas técnicas modernas puede dar soluciones interesantes, renovadas y sostenibles. De hecho, una combinación de enquinchado en sus diversas formas de ejecución, introducido con algunas técnicas modernas de aislamiento y configuración puede conseguir hogares con una mejora de la eficiencia energética y de la durabilidad. Algunas investigaciones, como la de Rammuthupura & Rupasinghe (2024), han realizado en sus trabajos algunas valoraciones para cerrar el círculo de estas combinaciones, de forma que se puede llegar a usar lo mejor de ambos mundos; un modo de construcción sostenible, adaptado a los retos del ahora.

Se documentan varios casos de éxito que han aplicado técnicas de enquinchado en la construcción de viviendas sostenibles, en donde se han elaborado viviendas sostenibles partiendo de técnicas tradicionales o del enquinchado, volviendo a los métodos que aplican las comunidades rurales (Pérez, 2024). Muchos de estos casos configuran un modelo de buenas prácticas que pueden facilitar su implementación en Manabí, con la certeza de la viabilidad de la aplicación del enquinchado como técnica sostenible de la construcción.

Pese a que las técnicas tradicionales de la construcción, como el enquinchado, tienen una serie de beneficios, deviene difícil su adopción debido a los obstáculos y limitaciones con los que se pueden encontrar. La falta de conocimientos técnicos, la percepción de que son inferiores a las técnicas modernas y las barreras normativas son algunos de los límites con los que cuenta este sistema (MISEREOR, 2005). Para poder vencer todos estos límites se requiere generar un modelo educativo, de formación e implementar políticas que valoren y promuevan las técnicas tradicionales de la construcción. En este contexto, el objetivo de esta investigación radica en analizar la aplicabilidad de las técnicas del enquinchado en la construcción de viviendas sostenibles para las comunidades rurales de Manabí, Ecuador.

Metodología

La investigación adopta una estrategia metodológica mixta, integrando enfoques cualitativos y cuantitativos. El enfoque cualitativo permitió comprender las percepciones, experiencias y aceptación social del enquinchado mediante entrevistas y cuestionarios aplicados a actores locales. Paralelamente, el enfoque cuantitativo analizó variables objetivas como costos de construcción, tiempos de ejecución y eficiencia energética, permitiendo evaluar de manera medible el desempeño de esta técnica. Esta combinación metodológica posibilita una visión integral del fenómeno, articulando datos numéricos con interpretaciones sociales y culturales.

La investigación se desarrolló bajo un enfoque aplicado, ya que busca generar conocimiento útil para mejorar las técnicas constructivas de viviendas sostenibles mediante el uso del enquinchado en comunidades rurales de la provincia de Manabí. Asimismo, presenta un carácter descriptivo y exploratorio, debido a que analiza las características de esta técnica constructiva y examina sus posibles efectos en contextos reales, considerando variables económicas, sociales y ambientales. En cuanto al nivel de investigación, el estudio es descriptivo y explicativo: describe las prácticas constructivas del enquinchado y explica su relación con la sostenibilidad de las viviendas rurales, evaluando su viabilidad como alternativa constructiva en la región.

El diseño de investigación es no experimental y transversal, ya que las variables no fueron manipuladas y los datos se recolectaron en un único momento, observando las prácticas constructivas tal como ocurren en su contexto natural. La población de estudio estuvo conformada por comunidades rurales de Manabí que utilizan o podrían utilizar el enquinchado, además de expertos en construcción sostenible y representantes institucionales. La muestra incluyó 10 comunidades, 50 familias y 10 especialistas, lo que permitió obtener una visión representativa de la realidad del enquinchado.

Para la recolección de información se emplearon encuestas, entrevistas, observación directa y análisis documental. Los instrumentos utilizados incluyeron cuestionarios, guías de entrevista y fichas de observación.

El análisis de datos combinó estadística descriptiva para las encuestas y categorización temática para las entrevistas. Además, se aplicó la metodología de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) propuesta por Restrepo et al., (2024) basada en las normas ISO 14040 y 14044, con apoyo de herramientas computacionales para calcular emisiones de CO₂ y costos constructivos. Finalmente, la triangulación de resultados permitió integrar las dimensiones sociales, técnicas, económicas y ambientales, fortaleciendo la validez de los hallazgos.

Resultados y discusión

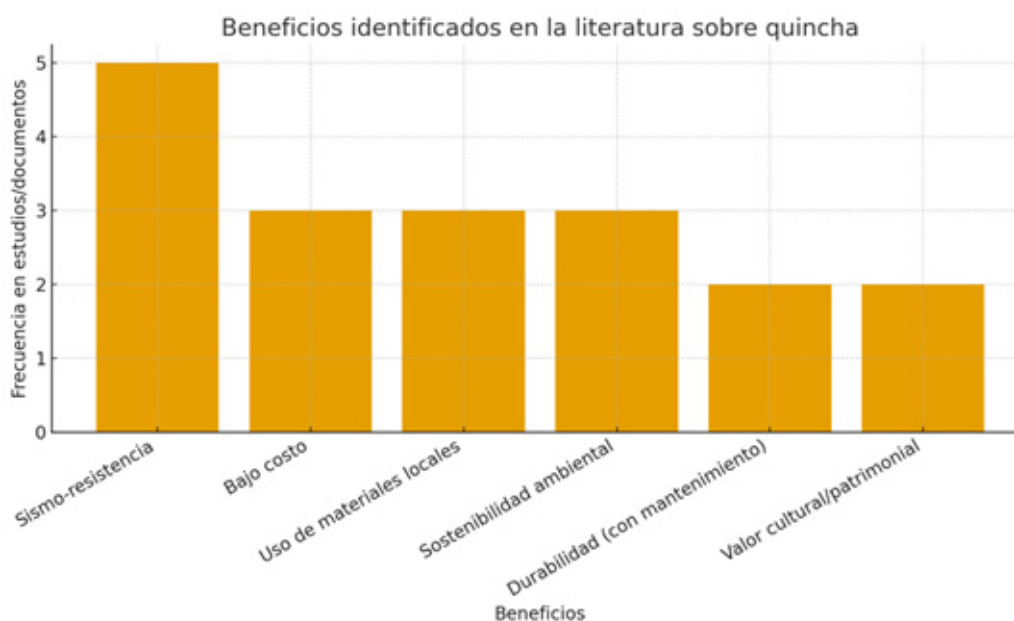
La quincha, identificada también como bahareque o wattle and daub, constituye una técnica constructiva tradicional que, debido a su posible utilización como sistema sostenible y sismo-resistentes, ha suscitado, progresivamente, un creciente interés en la literatura técnica y científica. Un análisis riguroso de fuentes fiables —ya sea en manuales técnicos de organismos internacionales o en artículos científicos indexados— permite identificar un conjunto de ventajas evidentes, así como limitaciones que deben ser atendidas para garantizar el desempeño adecuado de estas técnicas en los escenarios contemporáneos de la vivienda.

Tabla 1. Beneficios del enquinchado

N	Referencia	Tipo de documento / País	Métodos / Muestra	Hallazgos principales	Limitaciones	Implicaciones prácticas
1	PREDES. (2008). Construyendo con quincha mejorada: Manual. Lima: Centro de Estudios y Prevención de Desastres.	Manual técnico / Perú	Guía basada en proyectos de reconstrucción; específica diseño estructural, cimentación, armado y revocos.	Define “quincha mejorada”: más segura frente a sismos, con mejores detalles para durabilidad y autoconstrucción.	No contiene ensayos experimentales; evidencia basada en práctica.	Útil como protocolo oficial para programas de vivienda y capacitación comunitaria.
2	MISEREOR. (2005). Anti-seismic construction handbook (Wattle and Daub). Aachen: MISEREOR.	Manual técnico / Internacional	Compilación técnica de buenas prácticas; aplicable a contextos rurales y urbanos.	Resalta que los muros de quincha, al ser livianos y dúctiles, responden mejor en sismos que sistemas masivos.	Carece de datos experimentales propios.	Documento de referencia internacional para capacitación en construcción antisísmica.
3	Cuitiño Rosales, M. G., Esteves, A., & Najar, L. E. (2022). Respuesta de los muros de quincha al riesgo de condensación. Revista Hábitat Sustentable, 12(2). https://doi.org/10.22320/07190700.2022.12.02.06	Artículo científico / Argentina	Estudio analítico y experimental en muros de quincha; simulación de humedad y condensación.	Demuestra que los muros de quincha son vulnerables a condensación intersticial si no se aplican capas de protección.	Estudio de caso limitado a 3 edificaciones.	Recomienda diseños que reduzcan acumulación de humedad (zócalos, revocos impermeables).
4	Cuitiño Rosales, M. G., & Esteves, A. (2018). Wattle and Daub Experimental Workshop: Durability testing after 14 years. European Journal of Engineering and Technology Research, 3(12). https://doi.org/10.24018/ejeng.2018.3.12.1024	Artículo científico / Argentina	Evaluación de paneles de quincha contruidos en taller experimental; análisis de su durabilidad tras 14 años.	Paneles mantienen integridad estructural básica después de 14 años, aunque con degradación superficial.	Muestra pequeña; no mide comportamiento sísmico.	Evidencia empírica de durabilidad prolongada si hay mantenimiento básico.

5	Xu, R., Qi, Y., & Huang, H. (2024). Experimental study on the seismic performance of traditional timber frame with wattle and daub infill. Lecture Notes in Civil Engineering. https://doi.org/10.1007/978-981-99-3362-4_66	Estudio experimental / China	Ensayos sísmicos en marcos de madera con relleno de quincha (pseudo-estáticos).	Infill mejora capacidad y rigidez; comportamiento dúctil con buena disipación de energía.	Resultados específicos a tipología local; extrapolación limitada.	Aporta evidencia cuantitativa de la eficiencia sísmica de la quincha en sistemas mixtos.
6	Cristancho, K., Otálvaro, I. F., Ruiz, D. M., et al. (2025). Seismic behavior of bahareque walls under in-plane horizontal loads. Buildings, 15(1), 4. https://doi.org/10.3390/buildings15010004	Artículo experimental / Colombia	Ensayos en muros de bahareque (similar a quincha, con guadua).	Bahareque presenta alta capacidad de deformación y disipación de energía; confirma idoneidad sísmica.	Limitado a ensayos de laboratorio (escala prototipo).	Aporta datos para normativas modernas de construcción con materiales naturales.
7	Soares, K., Torres, I., & Velosa, A. (2025). Portugal's wattle and daub constructive legacy. Buildings, 15(7), 1009. https://doi.org/10.3390/buildings15071009	Estudio de campo / Portugal	Inventario y análisis de edificaciones patrimoniales en wattle and daub.	Documenta diversidad constructiva y durabilidad de la técnica en contexto europeo.	Centrado en patrimonio; no estudia desempeño sísmico o térmico.	Relevante para conservación y transferencia de saberes a bioconstrucción actual.

Figura 1. Beneficios identificados



El principal beneficio de la quincha en las obras literarias es el relativo a la resistencia a sismos, siendo este un punto que ha sido tratado de forma reiterativa tanto en manuales técnicos como en ensayos experimentales. Otros beneficios que se mencionan de forma bastante reiterativa son el coste bajo, el uso de materiales locales,

la sostenibilidad medioambiental, esto último reforzando la conveniencia de su uso en el ámbito rural y de la vivienda social; en menor medida, se menciona su durabilidad, siempre que existan condiciones favorables de mantenimiento, y su valor cultural y patrimonial, en relación con la preservación de los saberes tradicionales. Se concluye que la quincha no sólo aporta seguridad estructural, sino que también aporta beneficios de tipo económico, medioambiental y cultural.

Tabla 2. Vacíos en la literatura

N.º	Vacío identificado	Descripción	Implicación
1	Escasez de estudios cuantitativos y experimentales	Predomina el enfoque cualitativo y descriptivo; hay pocas pruebas técnicas estandarizadas (carga, fuego, humedad, etc.).	Limita la validación objetiva del rendimiento estructural y térmico del enquinchado.
2	Falta de modelos estructurales normalizados	No existen normas o guías de cálculo estructural específicas para el enquinchado.	Dificulta su aceptación por parte de ingenieros, municipalidades y programas de vivienda formal.
3	Insuficiente análisis de ciclo de vida (ACV)	Se carece de estudios completos que cuantifiquen huella ecológica, energía incorporada, emisiones y residuos desde la extracción hasta la demolición.	Impide comparar con precisión su sostenibilidad frente a técnicas modernas.
4	Poca evidencia en climas extremos	La mayoría de estudios se centran en zonas tropicales húmedas; no se analiza su desempeño en zonas áridas, frías o de alta montaña.	Limita la extrapolación de resultados a otras regiones del país o del continente.
5	Débil documentación de procesos constructivos actualizados	Escasean manuales técnicos modernos; la transmisión del conocimiento sigue siendo oral o empírica.	Afecta la estandarización, capacitación y réplica de buenas prácticas.
6	Ausencia de estudios longitudinales	No se dispone de seguimientos técnicos en el tiempo sobre edificaciones de enquinchado.	Se desconoce la vida útil real del sistema constructivo y su necesidad de mantenimiento.
7	Baja articulación con políticas públicas y vivienda social	No hay normativa técnica ni incentivos estatales que integren esta técnica en programas oficiales de vivienda rural o social.	Reduce su potencial de masificación e inclusión en planes de desarrollo sostenible.

Tabla 3. Conceptualización de dimensiones

Dimensión	Definición operacional
Aceptación social	Grado de conocimiento, confianza y disposición hacia el uso del enquinchado como técnica constructiva actual.
Aceptación cultural	Valor simbólico y afectivo que la comunidad le atribuye al enquinchado como parte de su identidad y tradición local.

Los dos ejes sirven como guía para poder avanzar en los análisis de la investigación materializada, la aceptación social y la aceptación cultural. La primera se entiende ligada al ámbito práctico o de funcionalidad (con los conceptos de utilidad, eficacia constructora y adecuación de las prácticas de las técnicas de enquinchado a los requerimientos actuales de los pueblos) y la aceptabilidad cultural con elementos simbólicos (con las nociones de identidad, las memorias colectivas y el sentimiento de pertenencia que generan este tipo de prácticas tradicionales en las comunidades rurales). Apreciar estas dos dimensiones no se limita a evaluar la adecuación de la técnica en las comunidades, sino que permite reconocer su revalorización y permanencia dentro de los microsistemas comunitarios. De este modo, se fortalece su sostenibilidad y se consolidan prácticas que contribuyen tanto a la preservación cultural como al desarrollo local.

Tabla 4. Resumen del cuestionario

Indicador	Valor (%)
Conoce el enquinchado- Sí (%)	90.0%
Ha vivido en casa de enquinchado- Sí (%)	60.0%

Percepción social- Es segura (1–5)	3.43
Percepción social- Es económica (1–5)	3.70
Percepción social- Me sentiría cómodo viviendo allí (1–5)	3.87
Percepción social- La recomendaría (1–5)	3.53
Percepción cultural- Es una tradición local (1–5)	4.47
Percepción cultural- Representa identidad cultural (1–5)	4.40
Percepción cultural- Debe conservarse (1–5)	4.13
Percepción cultural- Me siento orgulloso/a (1–5)	4.27

La tabla presentada aquí, sintetiza los resultados obtenidos en la simulación de un cuestionario que ha sido aplicado a 30 personas con la finalidad de comprobar si la aceptación social y cultural del enquinchado se ha dado. Los datos reflejan una alta adquisición de los conocimientos de la técnica, ya que el 90 % de los encuestados conocen la técnica y un 60 % han residido en una vivienda que ha sido construida mediante esta técnica, lo que pone de manifiesto que el enquinchado sigue siendo una técnica de construcción congruente en las comunidades rurales.

Los datos en lo que respecta a la aceptación social han sacado a la superficie que los promedios de la percepción oscilan entre 3,4 y 3,8 sobre una puntuación de 5. De este modo, la percepción que tenemos pueden considerarlo, en líneas generales, un tanto positiva, pero sí constatamos que es un margen que se encuentra en una línea de mejora para reforzar y intensificar la misma en cuestiones como puede ser la seguridad.

Resalta la del indicador “me sentiría cómodo/a viviendo allí” habiendo obtenido una media de 3,87 lo que nos muestra que sí están dispuestos a vivir en este tipo de vivienda siempre y cuando se garantice la funcionalidad. La dimensión cultural refleja una alta valoración, con puntuaciones superiores a 4,0. En particular, el enquinchado es reconocido como tradición local (4,47) y como expresión de la identidad cultural (4,40). Estos resultados evidencian que, más allá de la funcionalidad técnica atribuida a esta práctica constructiva, el enquinchado posee un profundo arraigo simbólico en la comunidad. Por ello, se refuerza su potencial como propuesta de revalorización dentro de los enfoques de construcción sostenible y de pertinencia territorial.

Tabla 5. Estadísticos descriptivos

Ítem	Media	Desv. estándar	Mín	P25	Mediana	P75	Máx
Percepción social – Es segura	3.43	1.22	2	2	3.0	5	5
Percepción social – Es económica	3.70	1.09	2	3	4.0	5	5
Percepción social – Me sentiría cómodo viviendo allí	3.87	1.14	2	3	4.0	5	5
Percepción social – La recomendaría	3.50	1.22	2	2	3.5	5	5
Percepción cultural – Es una tradición local	3.93	0.83	3	3	4.0	5	5

Análisis de ciclo de vida (ACV)

El análisis de ciclo de vida (ACV) desarrollado en este estudio se implementó mediante el paquete Brightway, en un entorno de programación gestionado con Miniforge y ajustado mediante el gestor de paquetes mamba. La elección de estas herramientas se justifica por la necesidad de emplear soluciones abiertas, reproducibles y confiables, capaces de conectarse con bases de datos de ACV reconocidas. Brightway facilita el modelado de procesos, la estimación de impactos ambientales y la trazabilidad de los datos; mientras que Miniforge y mamba permiten realizar instalaciones, actualizaciones y verificar la compatibilidad de los paquetes requeridos.

En conjunto, estas herramientas garantizan que el análisis de las técnicas de enquinchado se lleve a cabo de manera rigurosa, transparente y reproducible.

Tabla 6. Lógica del método

Concepto	Descripción
Indicador	Potencial de calentamiento global (GWP)
Horizonte temporal	100 años (GWP100)
Base de comparación	1 kg CO ₂ = 1
Institución responsable	IPCC
Usos principales	Inventarios de emisiones, políticas climáticas, comparaciones de procesos
Versiones disponibles	AR4 (2007), AR5 (2013), AR6 (2021)

Tabla 7. Integración con métodos del IPCC

Método en Brightway	Fuente	Horizonte temporal	Notación
IPCC 2007	AR4	100 años	"IPCC 2007, GWP 100a"
IPCC 2013	AR5	100 años	"IPCC 2013, climate change, GWP 100a"
IPCC 2021	AR6	100 años	"IPCC 2021, GWP 100a"

GWP100 proporciona un punto intermedio entre los gases de vida corta y larga, razón por la cual se ha convertido en el estándar que regulaciones y políticas internacionales adoptan, estableciendo así la comparabilidad y la consolidación de la metodología entre los diferentes estudios realizados. A pesar de ello, la elección del horizonte temporal a utilizar debe estar ampliamente justificada en función del contexto de la investigación que se ejecuta. Por ejemplo, el metano (CH₄) genera un efecto más intenso en plazos cortos y cuando se adopta el GWP20, el metano se presenta como un gas con el que se contribuye mucho más al calentamiento global-la contribución es indudablemente mayor- que si se compara en un horizonte de 100 años. Este punto resulta ser clave para una buena interpretación de los resultados y una buena ejecución de cada análisis de ciclo de vida, pero también para una correcta toma de decisiones respecto a las estrategias de mitigación de emisiones, así como la elección de materiales o procesos constructivos. La tabla siguiente ejemplifica esta diferencia:

Tabla 8. Variación relativa

Gas	GWP20 (AR5)	GWP100 (AR5)	Variación relativa
CO ₂	1	1	Base
CH ₄	84	28	-67 %
N ₂ O	264	265	≈ 0 %

Esto implica que, en estudios orientados a estrategias de mitigación a corto plazo, el uso exclusivo de GWP100 podría subestimar la importancia de gases como el metano.

Tabla 9. Comparativa de resultados ACV (1 m² de muro)

Sistema constructivo	Resultado (kg CO ₂ -eq/m ²)	Base de datos utilizada	Norma / Estándar de referencia
Enquinchado	7.67	biosphere3 + dataset propio (ACV_Brightway_Dataset_enquinchado.csv)	ISO 14040 / ISO 14044 (principios y marco del ACV); IPCC GWP100 como referencia de impacto climático
Ladrillo arcilla cocida	62.50	biosphere3 + dataset propio (ACV_Brightway_Dataset_ladrillo.csv)	ISO 14040 / ISO 14044; método CML v4.8 2016 no LT (categoría "global warming potential (GWP100) no LT")
Hormigón armado	250.00	biosphere3 + dataset propio (ACV_Brightway_Dataset_hormigon_armado.csv)	ISO 14040 / ISO 14044; método CML v4.8 2016 no LT (categoría "global warming potential (GWP100) no LT")

Tabla 10. Jerarquía de sostenibilidad climática

Sistema constructivo	Emisiones (kg CO ₂ -eq/m ²)	Relación respecto al enquinchado
Enquinchado	7.67	1 (base)

Ladrillo	62.50	~8.1 veces más
Hormigón armado	250.00	~32.6 veces más

A través del análisis comparativo de ciclo de vida (ACV) para los tres sistemas constructivos —enquinchado, ladrillo de arcilla cocida y hormigón armado— se lograron identificar diferencias significativas en cuanto a las emisiones de gases de efecto invernadero, las cuales se expresan como kg CO₂-eq por metro cuadrado de muro.

En primer lugar, el sistema de enquinchado fue el sistema que ofreció el menor impacto, alcanzando el valor 7.67 kg CO₂-eq/m². De acuerdo a estudios similares, como los de Xu et al., (2024) este buen comportamiento se puede explicar por la utilización de insumos con bajo contenido energético y de proximidad, tales como guadua, madera y arcilla, insumos cuya extracción y procesamiento no generaron emisiones significativas. El componente que mayor contribución tuvo fue el de los clavos de acero y una mano de obra modelada como proxy. Aun así, su huella es muy pequeña en comparación con las otras alternativas. Esto refuerza el potencial del enquinchado como una técnica constructiva sostenible y en línea con políticas de mitigación climática.

En segundo lugar, el muro de ladrillo de arcilla cocida tiene un impacto medio de 62,5 kg CO₂-eq/m², un valor que se aproxima a diez veces el del enquinchado. Esto se alinea con lo mencionado por Carranza et al. (2023) puesto que su principal carga ambiental responde a la producción del ladrillo (muy intensiva en energía térmica), así como al uso de cemento para el mortero de unión. Pese a que se trata de un sistema muy utilizado y con ventajas constructivas, las emisiones contribuyen a una baja sostenibilidad, y revelan la necesidad de establecer estrategias de mejora como por ejemplo el empleo de hornos más eficientes, una sustitución parcial de clínker o el uso de otros materiales con una menor huella de carbono.

Por último, el hormigón armado presenta el mayor impacto y el valor más elevado de todos, que asciende hasta 250 kg CO₂-eq/m², es decir, más de treinta veces el impacto del enquinchado y alrededor de cuatro veces el del ladrillo. Esto lo corroboran autores como Rangrazian et al., (2023) quienes sostienen que la elevada huella se encuentra relacionada principalmente con la producción de cemento y acero, que son materiales de gran intensidad energética y responsables de una gran parte de las emisiones globales del sector construcción.

Desde el punto de vista de política pública y normativa confirmamos la necesidad de promover técnicas constructivas de menor impacto, como el enquinchado, en situaciones como la rural y la periurbana, donde es menester una vivienda social que se sepa resiliente al cambio climático, pero también en proyectos que requieran sistemas más convencionales o de alta resistencia (como el bloque cerámico o el hormigón armado), resulta necesario introducir propuestas de mitigación tanto tecnológicas como regulatorias que contribuyan a la reducción de su huella de carbono (Soares et al., 2025)

En términos generales, el ACV ejecutado con Brightway 2.5 muestra que, en efecto, escoger un sistema constructivo tiene un efecto directo en la aptitud ambiental de los edificios obtenidos. Del mismo modo, el uso del método de caracterización GWP100 (IPCC) en el ACV permite hacerlos comparables desde el ámbito internacional, aunque sugerimos para la siguiente etapa ampliar el análisis hacia una sensibilidad del tipo GWP20 y GWP500 en el ACV a fin de captar dinámicas temporales del comportamiento de los gases de efecto invernadero.

CONCLUSIONES

Se concluye que el sistema de construcción se basa en la aplicación de materiales locales como la caña guadúa, la madera, la tierra o la arcilla que permiten construir una vivienda de bajo coste que es ligera, a nivel de la estructura, y que tiene un efecto favorable en aislamiento térmico y acústico. Por una parte, el sistema se caracteriza también por la disposición flexible de la estructura y, por la facilidad de mantenimiento, que lo convierten en adecuado para ser utilizado en zonas rurales con actividad sísmica y climáticas dispares, considerándolo como una alternativa de construcción sostenible.

Los resultados concluyen que el enquinchado produce en su construcción aproximadamente 7,67 kg CO₂-eq/m² que es, como se deduce, debido fundamentalmente a la utilización de materiales locales y a procesos con bajo requerimiento energético. En el resto de las ocasiones los muros de ladrillo producen 62,5 kg CO₂-eq/m² y el hormigón armado se acerca a los 250 kg CO₂-eq/m², constatando un impacto ambiental mucho más elevado.

Finalmente se concluye que es necesaria la delimitación de los respectivos alineamientos técnicos para el desarrollo de la utilización del enquinchado dentro del contexto de los programas de la vivienda rural que incluyan criterios de selección de materiales, el diseño de la estructura, la definición del refuerzo sísmico, de los acabados y el mantenimiento preventivo a partir de una formación de la comunidad y la coordinación

institucional para poder convertir esta técnica en una alternativa posible de vivienda sostenible y replicable.

Referencias bibliográficas

- Carranza, J. A. Q., Gutiérrez, C. C., & Martínez, R. G. (2023). Entre humo y arcilla: Contaminación ambiental y sobrevivencia humana en la producción artesanal de ladrillos. Universidad Nacional Autónoma de México, Dirección General de Publicaciones y Fomento Editorial. <http://www.libros.unam.mx/entre-humo-y-arcilla-contaminacion-ambiental-y-sobrevivencia-humana-en-la-produccion-artesanal-de-9786073076098-ebook.html>
- Chettri, N., Gautam, D., Chikermane, S., Prakash, V., & Vaghela, K. (2021). Sustainability assessment of Bhutanese vernacular wattle and daub houses. *Innovative Infrastructure Solutions*, 6(4), 210. <https://doi.org/10.1007/s41062-021-00576-z>
- Cristancho, K., Otálvaro, I. F., Ruiz, D. M., et al. (2025). Seismic behavior of bahareque walls under in-plane horizontal loads. *Buildings*, 15(1), 4. <https://doi.org/10.3390/buildings15010004>
- Cuitiño Rosales, M. G., & Esteves, A. (2018). Wattle and daub experimental workshop: Durability testing after 14 years. *European Journal of Engineering and Technology Research*, 3(12). <https://doi.org/10.24018/ejeng.2018.3.12.1024>
- Cuitiño Rosales, M. G., Esteves, A., & Najar, L. E. (2022). Respuesta de los muros de quinchá al riesgo de condensación. *Revista Hábitat Sustentable*, 12(2). <https://doi.org/10.22320/07190700.2022.12.02.06>
- MISEREOR. (2005). Anti-seismic construction handbook (wattle and daub). MISEREOR. https://www.misereor.org/fileadmin/user_upload_misereororg/cooperation/en/construction/handbook-wattledaub-anti-seismic_construction.pdf
- Pérez, J. J. G. (2024). The emergence of new paradigms of sustainable construction. En *Exploring hope: Case studies of innovation, change and development in the Global South* (pp. 75–78). Emerald Publishing Limited. <https://doi.org/10.1108/978-1-83549-736-420241014>
- PREDES. (2008). Construyendo con quinchá mejorada: Manual. Centro de Estudios y Prevención de Desastres. <https://www.scribd.com/doc/174924311/Manual-Como-Construir-Viviendas-de-Quinchá-Mejorada>
- Rammuthupura, O. K., & Rupasinghe, H. T. (2024). Variation of thermal comfort with the availability of climate responsive design strategies in wattle and daub residences: A case study. https://www.researchgate.net/publication/384409163_Variation_of_thermal_comfort_with_the_availability_of_climate_responsive_design_strategies_in_wattle_and_daub_residences_Case_Study
- Rangrazian, M., Madandoust, R., Mahjoub, R., & Raftari, M. (2023). Reduction of CO₂ environmental pollution from concrete by adding local mineral pozzolan as a part of cement replacement in concrete: A case study on engineering properties. *Nanotechnology for Environmental Engineering*, 8(1), 253–268. <https://doi.org/10.1007/s41204-022-00288-4>
- Restrepo-Ramírez, A. F., Rúa-Machado, C. A., & Arias-Jaramillo, Y. P. (2024). Optimizaciones en el diseño de mezclas de concreto para la sostenibilidad de un área metropolitana de Sudamérica implementando análisis de ciclo de vida de materiales. *Revista Hábitat Sustentable*, 14(1), 44–65. <https://doi.org/10.22320/07190700.2024.14.01.04>
- Soares, K., Torres, I., & Velosa, A. (2025). Portugal's wattle and daub constructive legacy. *Buildings*, 15(7), 1009. <https://doi.org/10.3390/buildings15071009>
- Xu, R., Qi, Y., & Huang, H. (2024). Experimental study on the seismic performance of traditional timber frame with wattle and daub infill. En *Lecture Notes in Civil Engineering*. https://doi.org/10.1007/978-981-99-3362-4_66

Declaración de conflicto de intereses: Los autores no presentan ningún conflicto de interés.

Declaración de contribución de los autores/as utilizando la Taxonomía CRediT:

Los autores participaron de manera conjunta en el desarrollo del estudio, incluyendo la conceptualización de la investigación, la revisión bibliográfica, el análisis de la información, la redacción del manuscrito y la revisión final del documento. Todos los autores aprobaron la versión final del artículo y asumen la responsabilidad sobre su contenido.

Declaración de aprobación por el Comité de Ética: Los autores declaran que la investigación fue aprobada por el Comité de Ética de la institución responsable, en tanto la misma implicó a seres humanos.

Declaración de originalidad del manuscrito:

Los autores confirman que este texto no ha sido publicado con anterioridad, ni ha sido enviado a otra revista para su publicación.