

INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD: EL FUTURO DE LA CONSTRUCCIÓN CON MATERIALES LOCALES Y LA INTEGRACIÓN DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

INNOVATION AND SUSTAINABILITY: THE FUTURE OF CONSTRUCTION WITH LOCAL MATERIALS AND THE INTEGRATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Fabiola Colmenero Fonseca^{1,2,3}, Javier Cárcel Carrasco^{1,2}, Juana Mercedes Perla Rodríguez⁴, Kevin A. Echeverry Bucurú^{1,2}, Ramiro Rodríguez Perez^{1,2}
Instituto de Tecnología de Materiales¹; Universitat Politècnica de València²; Universidad La Salle³; NOVOMATO Consulting and research⁴; Tecologico Nacional de México/IT de Cd Guzmán

INTRODUCCIÓN

Este estudio examina la convergencia de innovación y sostenibilidad en la industria de la construcción, enfocándose en la utilización de materiales locales y tecnologías emergentes como la inteligencia artificial (IA) y drones, para mejorar las prácticas constructivas en regiones vulnerables del centro-sur de México. El estudio se realizó en cinco comunidades rurales, donde se integraron materiales tradicionales como adobe, madera y piedra, y se aplicaron herramientas de IA para modelado predictivo, simulaciones estructurales y automatización del diseño. el uso de drones en levantamientos topográficos, monitoreo en tiempo real y evaluación de terrenos, han permitido reducir significativamente los tiempos de planificación. Asimismo, la utilización de materiales la disminución de la huella de carbono y reducción del desperdicio, resalta la importancia de combinar soluciones tecnológicas con prácticas sostenibles y conocimientos tradicionales.

INTRODUCTION

This study examines the convergence of innovation and sustainability in the construction industry, focusing on the use of local materials and emerging technologies such as artificial intelligence (AI) and drones, to improve construction practices in vulnerable regions of south-central Mexico. The study was conducted in five rural communities, where traditional materials such as adobe, wood, and stone were integrated, and AI tools were applied for predictive modeling, structural simulations, and design automation. The use of drones in topographic surveys, real-time monitoring and land evaluation have made it possible to significantly reduce planning times. Likewise, the use of materials, the reduction of the carbon footprint and the reduction of waste, highlights the importance of combining technological solutions with sustainable practices and traditional knowledge.

OBJETIVOS

Este estudio tiene como propósito optimizar los procesos constructivos mediante la exploración y aplicación de herramientas emergentes, como la inteligencia artificial (IA) y los drones, en el ámbito de la construcción. Además, busca medir y cuantificar los beneficios del uso de materiales tradicionales, promover su integración en proyectos sostenibles y adaptar las tecnologías innovadoras a los contextos locales, respetando las tradiciones y conocimientos comunitarios. Todo ello con el objetivo de equilibrar la modernidad con la sostenibilidad en las construcciones.

Objectives

The purpose of this study is to optimize construction processes by exploring and applying emerging tools, such as artificial intelligence (AI) and drones, in the field of construction. In addition, it seeks to measure and quantify the benefits of the use of traditional materials, promote their integration into sustainable projects and adapt innovative technologies to local contexts, respecting community traditions and knowledge. All this with the aim of balancing modernity with sustainability in construction.

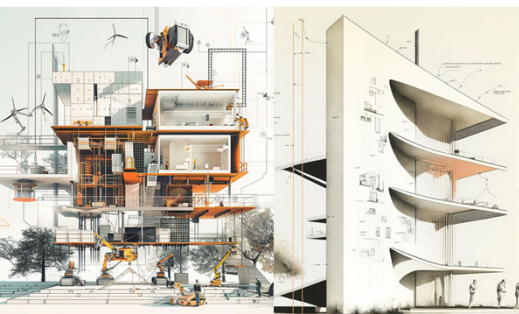
METODOLOGÍA / METODOLOGY

La metodología adoptada incluyó un enfoque cuantitativo con mediciones precisas de tiempos de planificación, costos, huella de carbono y reducción de desperdicios, esto fundamentado en tres ejes principales que son los siguientes:

1. Planificación y Diseño
2. Materiales Locales de Construcción
3. Nuevas tecnologías emergentes aplicadas a la construcción y eficiencia energética
4. Sostenibilidad e IA como integración Futurista

The methodology adopted included a quantitative approach with precise measurements of planning times, costs, carbon footprint and waste reduction, based on three main axes, which are the following:

1. Planning and Design
2. Local Building Materials
3. New emerging technologies applied to construction and energy efficiency
4. Sustainability and AI as a Futuristic Integration



Planificación y Diseño/ Planning and Design

La planificación y el diseño en la construcción sostenible utilizando materiales locales como el adobe, la madera y la piedra requieren un enfoque integral que considere tanto las características del sitio y los recursos disponibles, como la integración de tecnologías avanzadas y soluciones ecológicas.

Planning and design in sustainable construction using local materials such as adobe, wood and stone require a comprehensive approach that considers both the characteristics of the site and the resources available, as well as the integration of advanced technologies and ecological solutions.



Uso de Materiales locales / Use of Local Materials

El uso de materiales locales como el adobe, la madera y la piedra en la construcción sostenible ofrece una serie de beneficios tanto ambientales como sociales y económicos, que contribuyen a la preservación del entorno natural, el fortalecimiento de las comunidades rurales y la reducción de la huella de carbono en el centro sur de Mexico. Estos materiales no solo están profundamente conectados con las tradiciones y el contexto cultural local, sino que su empleo adecuado tiene un impacto positivo y significativo en el desarrollo sostenible.

The use of local materials such as adobe, wood and stone in sustainable construction offers a number of environmental, social and economic benefits, which contribute to the preservation of the natural environment, the strengthening of rural communities and the reduction of the carbon footprint in south-central Mexico. Not only are these materials deeply connected to local traditions and cultural context, but their proper use has a positive and significant impact on sustainable development.

Nuevas tecnologías emergentes aplicadas a la construcción y eficiencia energética / New emerging technologies applied to construction and energy efficiency

La integración de tecnologías emergentes en la construcción con materiales locales ofrece una oportunidad única para mejorar la sostenibilidad, eficiencia y rendimiento de los edificios. Estas tecnologías, como la impresión 3D, BIM, materiales inteligentes, y energías renovables, no solo optimizan el uso de recursos locales sino que también reducen la huella de carbono, promueven la eficiencia energética y favorecen el desarrollo económico y social de las comunidades rurales. La combinación de estas innovaciones con prácticas tradicionales de construcción sostenible puede transformar la industria de la construcción en un sector más responsable y adaptado a los desafíos del futuro.

The integration of emerging technologies in construction with local materials offers a unique opportunity to improve the sustainability, efficiency and performance of buildings. These technologies, such as 3D printing, BIM, smart materials, and renewable energies, not only optimize the use of local resources but also reduce the carbon footprint, promote energy efficiency, and favor the economic and social development of rural communities. Combining these innovations with traditional sustainable building practices can transform the construction industry into a more responsible sector adapted to the challenges of the future.

Sostenibilidad e IA como integración Futurista / Sustainability and AI as a Futuristic Integration

La planificación y el diseño en la construcción sostenible utilizando materiales locales como el adobe, la madera y la piedra requieren un enfoque integral que considere tanto las características del sitio y los recursos disponibles, como la integración de tecnologías avanzadas y soluciones ecológicas.

Optimización del Diseño Sostenible

La IA permite crear modelos y simulaciones avanzadas que predicen el comportamiento energético de un edificio en diferentes escenarios. Programas como Autodesk Insight usan IA para analizar el diseño arquitectónico y optimizar la eficiencia energética a través de simulaciones que consideran la orientación solar, ventilación natural y el clima local.

Generative Design: Este enfoque, que emplea IA, genera múltiples opciones de diseño sostenible optimizadas para reducir el consumo de materiales y energía.

Sistemas de gestión inteligente: Sensores conectados a algoritmos de IA pueden ajustar automáticamente la iluminación, calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC) en función de la ocupación de los espacios y las condiciones climáticas en tiempo real. Esto permite reducir el consumo de energía.

Predicción del consumo energético: La IA se utiliza para analizar los patrones de uso de energía en edificios y predecir la demanda futura. Con esta información, los sistemas de energía renovable (paneles solares, sistemas de almacenamiento de energía) pueden ajustarse dinámicamente, maximizando la eficiencia y reduciendo la dependencia de fuentes no renovables.

Predicción del consumo energético: La IA se utiliza para analizar los patrones de uso de energía en edificios y predecir la demanda futura. Con esta información, los sistemas de energía renovable (paneles solares, sistemas de almacenamiento de energía) pueden ajustarse dinámicamente, maximizando la eficiencia y reduciendo la dependencia de fuentes no renovables.

Planning and design in sustainable construction using local materials such as adobe, wood and stone require a comprehensive approach that considers both the characteristics of the site and the resources available, as well as the integration of advanced technologies and ecological solutions.

Sustainable Design Optimization

AI makes it possible to create advanced models and simulations that predict the energy behavior of a building in different scenarios. Programs like Autodesk Insight use AI to analyze architectural design and optimize energy efficiency through simulations that consider solar orientation, natural ventilation, and local climate.

Generative Design: This approach, which employs AI, generates multiple sustainable design options optimized to reduce material and energy consumption.

Smart management systems: Sensors connected to AI algorithms can automatically adjust lighting, heating, ventilation, and air conditioning (HVAC) based on space occupancy and weather conditions in real-time. This allows for reduced energy consumption.

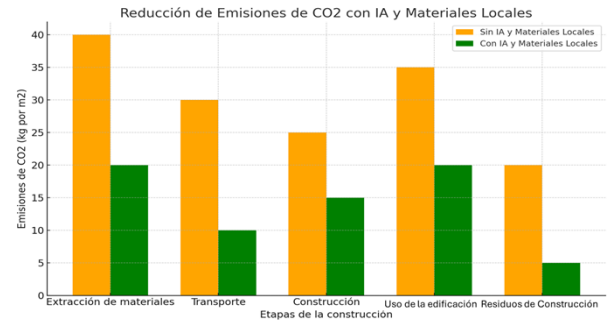
Energy consumption prediction: AI is used to analyze energy usage patterns in buildings and predict future demand. With this information, renewable energy systems (solar panels, energy storage systems) can be dynamically adjusted, maximizing efficiency and reducing reliance on non-renewable sources.

Energy consumption prediction: AI is used to analyze energy usage patterns in buildings and predict future demand. With this information, renewable energy systems (solar panels, energy storage systems) can be dynamically adjusted, maximizing efficiency and reducing reliance on non-renewable sources.



Impacto en la Sociedad y el Medio Ambiente/ Impact on Society and the Environment

El gráfico muestra cómo la combinación de inteligencia artificial (IA) y materiales locales reduce significativamente las emisiones de CO₂ en varias etapas de un proyecto de construcción. En cada fase, desde la extracción de materiales hasta la gestión de residuos de construcción, el uso de IA y materiales autóctonos genera menores emisiones en comparación con métodos tradicionales. Esto se debe a la optimización de recursos, la reducción de transporte y la mejora en la eficiencia energética a lo largo del ciclo de vida del edificio.



The graph shows how the combination of artificial intelligence (AI) and local materials significantly reduces CO₂ emissions at various stages of a construction project. At every stage, from material extraction to construction waste management, the use of AI and indigenous materials generates lower emissions compared to traditional methods. This is due to the optimization of resources, the reduction of transport and the improvement in energy efficiency throughout the life cycle of the building.

CONCLUSION/ CONCLUSION

La integración de IA y materiales locales en la construcción sostenible tiene un impacto positivo directo en las comunidades vulnerables del centro-sur de México al proporcionar empleo, viviendas asequibles, y mejoras en infraestructuras que responden a las necesidades culturales y climáticas de la región. Al mismo tiempo, esta combinación reduce el impacto ambiental mediante la disminución de emisiones de CO₂, la optimización de recursos y la reducción de residuos. En conjunto, estas soluciones no solo mitigan el cambio climático, sino que también empoderan a las comunidades rurales, brindándoles oportunidades de crecimiento económico y social mientras se preserva el entorno natural y cultural. En conjunto, la combinación de IA y materiales locales contribuye al cambio climático como al desarrollo sostenible, a la economía circular de las comunidades rurales, ofreciendo un modelo más equitativo y ecológico para la construcción del futuro.

The integration of AI and local materials into sustainable construction has a direct positive impact on vulnerable communities in south-central Mexico by providing employment, affordable housing, and infrastructure improvements that respond to the cultural and climate needs of the region. At the same time, this combination reduces the environmental impact by reducing CO₂ emissions, optimising resources and reducing waste. Together, these solutions not only mitigate climate change, but also empower rural communities, providing them with opportunities for economic and social growth while preserving the natural and cultural environment. Together, the combination of AI and local materials contributes to climate change as well as to sustainable development, to the circular economy of rural communities, offering a more equitable and ecological model for the construction of the future.

Anderson, J., & Garud, N. (2021). Artificial intelligence in sustainable construction: A review of technologies and applications. *Journal of Green Building*, 16(2), 45-68. <https://doi.org/10.3992/jgb.16.2.45>
Alwan, Z., Jones, P., & Holgate, P. (2017). Strategic sustainable development in the UK construction industry, through the framework for strategic sustainable development, using Building Information Modelling. *Journal of Cleaner Production*, 140, 349-358. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.12.085>
Bae, C., & Park, S. H. (2012). Changes in renovation policies in the era of sustainability. *Energy and Buildings*, 47, 485-496. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2011.12.028>
Bragagnoli, L., Motteus, R., & Koukari, K. (2010). Building sustainability assessment. *Sustainability*, 2(7), 2010-2021. <https://doi.org/10.3390/su2072010>
Bhardwaj, A., & Khosla, V. (2020). Reducing carbon emissions in construction through AI optimization and material selection. *Journal of Sustainable Construction*, 8(4), 220-237. <https://doi.org/10.1016/j.jusc.2020.220>
Dodge, A. (2021). Artificial intelligence in construction: Optimizing sustainable design and efficiency. *Journal of Building Engineering*, 35, 102084. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.102084>
Garage, G. B., & Hyde, R. (2012). A model based on resource use indicators for future-proofing the built environment in Sri Lanka. *Building and Environment*, 58, 204-215. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2012.07.017>
Gill, A. S., & Kaur, J. (2018). AI-based solutions for sustainable construction: A review of applications and future directions. *Sustainable Cities and Society*, 44, 15-25. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.09.021>