

Use of Sustainable Materials in Modern Architecture

Mirian Cerna ^{1, *}, Karen Vargas ¹, Andrés Muñoz ¹, and Gianella Chalacan ¹

¹ Faculty of Engineering Science, State Technical University of Quevedo, Quevedo 120301, Ecuador

* Correspondence: mcernam@uteq.edu.ec

Abstract: This article addresses the impact of sustainable materials on the planet and modern architecture. Various sustainable materials in construction are examined to aid the environment. State-of-the-art research comparing the use of biomaterials for more sustainable construction is reviewed. This analysis aims to emphasize the importance of raising awareness in individuals to help maintain the environment through sustainable materials, highlighting key functions in which materials will see significant development in modern architecture. A system is presented that takes into account important dimensions in the construction and development of sustainable architectural designs. The methodological study reveals the percentage of development in materials such as various ashes used in sustainable constructions. This research highlights the importance of using sustainable materials in modern architecture and construction, providing a data table with necessary information for each type of sustainable material analyzed and studied by individuals in this field, considering the benefit it brings to the environment. The results of this research are also discussed, along with how to improve each issue regarding these materials and their environmental impact.

Keywords: Sustainable materials - biomaterials, Architecture, Construction, Pollution.

1. Introducción

Esta investigación tiene como finalidad dar a conocer la importancia de cuidar el planeta Tierra a través del uso de materiales sostenibles en la arquitectura moderna. Hoy en día, el mundo está causando un gran daño al medio ambiente al agotar los recursos naturales como: el aire, el agua y el suelo, destruyendo ecosistemas, hábitats y llevando a la extinción de especies animales [1]

El uso de materiales sostenibles en la arquitectura moderna es fundamental en el campo constructivo y son aquellos que pese a su producción, uso y eliminación generan un impacto ambiental mínimo ya que no producen gases de efecto invernadero [2]. Por último, se sustituyen materiales contaminantes, especialmente en los casos de corta durabilidad, los materiales de alto impacto ambiental, por opciones naturales o completamente reciclables. Por ejemplo, en el artículo de Ljungberg [3] trata el hormigón geopolímero que es un nuevo material sostenible que ayuda a disminuir la contaminación en el medio ambiente ya que está hecho de materiales de desechos con actividad química desechable. De manera similar, en el artículo de Reddy [4] establece materiales con baja energía incorporada que pueden ser utilizados en la construcción de edificaciones como lo son los Bloques de Barro Estabilizado (SMB). Las paredes de mampostería de SMB tienen valores considerablemente más bajos de energía incorporada en comparación con la mampostería de ladrillo de arcilla quemada, con ahorros energéticos de aproximadamente el 20-25%. Ambas investigaciones presentan estrategias de materiales sostenibles que pueden ser utilizados en la arquitectura moderna, para aportar en la reducción de la huella de carbono y contaminantes durante la construcción.

El objetivo principal de incorporar materiales sostenibles en la arquitectura moderna es fomentar una utilización prudente de los recursos naturales del planeta Tierra, manteniendo un equilibrio entre la ecología y la economía. De tal manera que, al emplear estos

Citation: To be added by editorial staff during production.

Academic Editor: Firstname Last-name

Received: date

Revised: date

Accepted: date

Published: date



Copyright: © 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

materiales en la arquitectura moderna y construcción, se cuida la salud del planeta y sus habitantes [5].

El presente trabajo de investigación está organizado por secciones y subsecciones para proporcionar una estructura clara y ordenada. A continuación, se mencionan las secciones: Trabajos Relacionados/ Estado del arte, Materiales y Métodos, Resultados y Discusión, Conclusión. Esta estructura permite realizar un análisis exhaustivo del tema, facilitando la comprensión y profundización en cada aspecto tratado, contribuyendo así a la comprensión integral del uso de materiales sostenibles en la arquitectura moderna.

A continuación, se presentan investigaciones clave relacionadas con el uso de materiales sostenibles y su buen efecto en el medioambiente en la arquitectura moderna.

1.1 Revisión del Estado del Arte sobre el uso de materiales sostenibles en la arquitectura moderna

Bakhearev [6] presenta una revisión del estado del arte sobre los materiales geopoliméricos preparados con cenizas volantes Clase F (Indica la capacidad de soportar un aumento de temperatura máxima de 115°C a una temperatura ambiente máxima de 40°C) y la activación de cenizas al material geopolimérico curado a temperaturas de hasta 70 °C. Obtuvo el resultado sobre la resistencia a la compresión, alcanzada después de 28 días fue de 8 MPa (Mega Pascal, se usa para grandes presiones, normalmente en poca superficie). Sin embargo, esta investigación concentra su enfoque en los materiales geopoliméricos y sus derivados. A diferencia del presente estudio en donde se analizan distintos materiales sostenibles en donde abordan la importancia de los mismos en aspectos como su uso en la arquitectura y la ecología.

Farooq. et al. [7], presentan una revisión del estado del arte sobre el geopolímero como material sostenible, que tienen un efecto inflexible sobre el efecto invernadero. Los rápidos aumentos de resistencia de hasta 50 MPa (Mega Pascal) y la alta resistencia contra el ataque de sulfatos en uno de los sustitutos del hormigón OPC (cemento Portland normal). Farooq. et al. [7]hablan sobre los geopolímero y sobre su resistencia a los sulfatos del hormigón, a diferencia del presente trabajo que busca variedad de materiales sostenibles.

Fridley. et al. [8] se preocupan únicamente de materiales derivados de la madera, a diferencia de Mariani. et al. [9]que hablan sobre los problemas que limitan a la madera, en cierta medida de sus usos potenciales. Fridley. et al. [8]buscan que los materiales derivados de la madera tengan una evolución para ser usados como materia estructural, en cambio Mariani. et al. [9]ya son usados hasta como tratamientos de pirolisis (descomposición química de la materia orgánica) a corto plazo. Sin embargo, su enfoque no va más allá en el análisis de estos materiales, no resuelven los aspectos económicos que el presente trabajo aborda.

Lee, H et al.[10], presentan una revisión del estado del arte sobre los nanocristales de celulosa, en el cual se presenta la aplicación de cemento a convencionales que se han llevado a cabo algunos estudios sobre su resistencia a condiciones óptimas de mezclado. Por lo que es necesario desarrollar métodos que permitan la producción de concreto a gran escala y así reducir los problemas de los equipos.

Todas estas investigaciones abordan distintos materiales de uso sostenible en la arquitectura actual, sin embargo, cada uno de ellos son puntualmente específicos en un solo tipo de material y sus derivados. La diferencia más grande que existe entre estas revisiones del estado del arte y la presente investigación es: que el presente estudio aborda de manera general y concisa el uso de materiales sostenibles en la arquitectura moderna. Brindando estrategias de uso sostenible durante la construcción con materiales ya sean sintéticos o naturales.

1.2 Propuesta de Revisión del estado del arte

Para realizar una construcción sostenible debe tomarse en cuenta tres dimensiones: ambiental, social y económica; por lo tanto, son factores que deben evaluarse sí o sí, para

poder realizar un diseño sostenible, desarrollando estrategias apropiadas en el lugar establecido. El diseño ecológico tiene un impacto positivo tanto en la salud de las personas como en el ambiente, con esto se busca reducir los costos operativos, así mejoran la comercialización de los edificios y las organizaciones, y aumentan la productividad [11].



Figura 1. Construcción sostenible que cuenta con las tres dimensiones dadas.

1.3 Preguntas de Investigación

1. ¿Cuáles son los materiales sostenibles analizados en el artículo?
2. ¿Cuál es el objetivo principal del desarrollo del uso de materiales sostenibles en la arquitectura moderna?
3. ¿En que benefician los materiales sostenibles en el cuidado del planeta?
4. ¿El tiempo de durabilidad de los materiales sostenibles en la construcción?

2. Materiales y Métodos

La búsqueda de las investigaciones para el desarrollo del presente trabajo investigativo, se hizo uso del buscador Google Scholar de lo cual se usó distintas bases de datos para la investigación, estas fueron: MDPI, Elsevier y ScienceDirect. Estas bases de datos facilitaron la obtención de información haciendo uso también del gestor de citas Mendeley, para insertar las referencias de investigaciones y empleando reuniones virtuales mediante la aplicación de videoconferencia Google Meet, para tener una mejor comunicación al momento de realizar cada investigación entre todos los integrantes del grupo.

En la presente investigación se utilizó las pautas establecidas por Kitchenham para realizar una revisión sistemática de la literatura sobre el uso de materiales sostenibles en la arquitectura moderna. La información relevante de artículos de revisión, estudios de casos e investigaciones pertinentes se buscó, recopiló y analizó utilizando un enfoque descriptivo [12].

Para la selección de los artículos de la presente investigación se tuvo en cuenta criterios de inclusión y exclusión para la fiabilidad y verificabilidad de los resultados de manera cronológica:

1. Las investigaciones deben guardar estrecha relación con el tema abordado en la presente investigación
2. Se tomaron en cuenta solamente investigaciones del tipo como: artículos, revistas y secciones/páginas de libros.
3. El contenido de dichas investigaciones esté en inglés.
4. Que tengan asignado un DOI.
5. No excedan los 25 años desde su publicación hasta el presente año (2024).

Así de esta forma y con estos criterios, tales investigaciones que no cumplieran con lo requerido fueron excluidas para el uso del presente estudio.

Para identificar estudios relevantes, se llevó a cabo una búsqueda exhaustiva en las bases de datos y motores de búsqueda. La cadena de búsqueda utilizada fue: ("Materials Sostenibles" AND "Modern Architecture" AND "Construction" AND "Sustainable Biomaterials" AND "Pollution")

En la sección de resultados, en la parte de la tabla de extracción de datos se ubicó los distintos trabajos investigados por todos los integrantes del grupo, del cual se contestaron en cada sección las preguntas antes hechas de la tabla. Esto con el fin de que la extracción de datos siga fielmente las directrices establecidas por Kitchenham para hacer una extracción de datos efectiva y que a su vez proporcione resultados de calidad[12].

Realizando la recolección de datos se usó artículos científicos, de los cuales pudo darse en manera efectiva la información con datos confiables y precisos. De esta forma permitieron realizar la investigación con trabajos investigados por expertos en la materia.

Una vez asegurado que todos los artículos en los cuales se había hecho uso de información, se obtuvo las correspondientes referencias, mostrando así la credibilidad del trabajo y la honestidad de los investigadores; gracias al gestor de citas Mendeley el cuál facilitó conseguir las referencias de una manera más sencilla y confiable.

3. Resultados

Esta investigación trata acerca de los materiales sostenibles en la arquitectura moderna el cual es un tema de gran importancia en la actualidad. Este artículo científico trata sobre la investigación del impacto del uso de algunos materiales sostenibles más importantes en la construcción arquitectónica, al analizar diversos artículos y fuentes verídicas las cuales permiten en este proyecto alcanzar los siguientes resultados:

La información recopilada sobre el uso de materiales sostenibles permitió observar cómo materiales que no son sostenibles perjudican gravemente al medio ambiente. Esta investigación rescata como los materiales sostenibles aportan minúsculamente al cambio en el medio ambiente y en todo el entorno en sí, contribuyendo significativamente a mejorar la economía dentro de lo que cabe.

Este artículo es dirigido principalmente a los lectores a entender como ellos pueden contribuir al medio ambiente, cambiando materiales de corta duración y dañinos para el planeta a materiales como el hormigón geopolímero que está totalmente diseñado con desechos químicos. De esta forma lo convierte en un material fundamental en la sostenibilidad de la construcción el cual es discutido en la mayor parte del artículo redactado.

Además, se valoró la explicación de diferentes materiales relacionados entre sí para permitir crear construcciones arquitectónicas bien desarrolladas a base de los materiales sostenibles analizados como la madera.



Figura 2. Comparación de la construcción sostenible y no sostenible

Tabla 1. Tabla de extracción de datos.

Referencia	Tipo Doc.	Año	Material es sostenibles que ayudan a cuidar el planeta	El objetivo principal del desarrollo del uso de materiales sostenibles en la arquitectura moderna	Características de los materiales sostenibles	En que benefician los materiales sostenibles al cuidado del planeta	Durabilidad de los materiales sostenibles en la construcción	Estudiante /Revisor
[2]	Journal	2020	Hormigón reciclado.	Conduce a menores emisiones de carbono y menores costos asociados durante el ciclo de vida de un edificio residencial.		Hacer frente al cambio climático y la reducción de la huella de carbono, el agotamiento y la escasez de recursos y la menor energía incorporada.	Un período de 40 años	Cerna Molina Mirian Estefanía
[3]	Artículo	2007	Madera.	Evitar el uso de recursos los cuales son limitados y evitar grandes impactos ambientales		Menor impacto ambiental en el área de la construcción.	De 15 años en caso de ser madera estructural bien cuidada.	Andrés Santiago Muñoz Araujo
[4]	Journal	2009	Bloques de barro estabilizados para mampostería.	Estos bloques se utilizan para la construcción de muros.	Los ladrillos de arcilla cocida se fabrican básicamente quemando (a alta temperatura) arcilla procesada.	Eficiencia energética, no requiere quemado, ahorro de energía del 60 al 70% cocida.		Cerna Molina Mirian Estefanía
[5]	Artículo	2005	Cenizas volantes.	Usar las cenizas volantes para la creación de	Son secas y se presentan en polvo o	Reducir la contaminación del medio ambiente.		Andrés Santiago Muñoz Araujo

				materiales geo poliméricos	arena muy finos.			
[8]	Capít ul o de libro	2002	Madera.		Es aislante, resistente y renovable.	Es un material de fácil descompos ición.	De 15 años en caso de ser madera estructural bien cuidada.	Vargas Aguiar Karen Amelia
[9]	Articl e	2022	Madera transpare nte.	El objetivo es reemplazar parcialment e a las fuentes fósiles.	Es transparent e, térmico, mecánico y material curado.	Ayuda en el desarrollo de nuevos sistemas funcionales y estructural es.	De 10 a 15 años.	Vargas Aguiar Karen Amelia
[13]	Articl e	2001	Cemento, hormigó n.	La reutilizació n de materiales que ya han sido fabricados.		Ayuda a reducir la contaminac ión.		Andrés Santiago Muñoz Araujo
[14]	Articl e	2012	Ladrillos de arcilla sin cocer para uso ambienta l y sustentab le.	Este material desempeña un papel importante en la mejora de la eficiencia ambiental y la sostenibilid ad.	Es una forma de recuperació n de energía a partir de residuos que tiene un efecto directo sobre el cambio climático.	Disminuye n la generación de desechos al prolongar la vida útil de los materiales.	Puede tener una vida útil de varias décadas a siglos, dependiend o de factores como el clima, mantenimie nto y exposición a la intemperie.	Chalacan cruz Gianella Aillen
[15]	Articl e	2014	Ladrillos de arcilla cocida.	La reducción de residuos.	Aumentar y disminuir progresiva mente tanto la humedad relativa como la temperatur a.	Pueden ahorrar energía en el proceso de fabricación al aumentar la temperatur a local.		Cerna Molina Mirian Estefania

[16]	Journal	2014	El acero inoxidable reciclado.	La reducción de huella ecológica en las construcciones de diseños arquitectónicos.	El acero inoxidable tiene excelentes propiedades anticorrosivas, lo que hace que su agradable aspecto dure mucho tiempo.	Contribuye a la conservación de la biodiversidad al minimizar la degradación del medio ambiente.	El acero inoxidable en condiciones adecuadas, puede durar décadas e incluso siglos sin corroerse.	Chalacancruz Gianella Aillen
[17]	Journal	2014	Neumáticos reciclados para hacer pisos de goma.	Reutilización de materiales obsoletos que ya han sido fabricados.	Nuevas tecnologías, nuevos materiales y eficiencia energética en los edificios.	Mejora el replanteamiento de los planes de estudio mediante el desarrollo de colaboraciones activas.		Chalacancruz Gianella Aillen
[18]	Artículo	2014	Madera certificada.	Reducir el impacto ambiental, promover la sostenibilidad en la construcción.	Es un aislante natural.	Reducción del consumo de recursos, contaminantes.	Es de 100 años.	Vargas Aguiar Karen Amelia
[19]	Artículo	2016	Lamina de Etileno-TeotetraFluoretileno (ETFE).	El objetivo es reducir el consumo de energía en los edificios.	Transparentes y resistentes.	Traerá beneficios económicos y sociales.	De 10 a 15 años.	Vargas Aguiar Karen Amelia
[20]	Book	2017	Aislamientos naturales y paneles solares.	Reducir los impactos ambientales negativos causados por los edificios y diseños urbanos.	Ahorrar materia prima y energía.	Reducir las emisiones de contaminantes y promover la conservación de recursos naturales.		Vargas Aguiar Karen Amelia
[21]	Artículo	2020	Uso de plásticos PCR o bioplásticos.	Su objetivo es asegurar que los países en crecimiento aprovechen		Maximización de la eficiencia energética y la minimización	Iluminación LED: dura entre 25,000 a 50,000 horas,	Chalacancruz Gianella Aillen

			Sistema BIPV (luz).	sus recursos sin agotarlos.		ón de los impactos negativos sobre el medio ambiente .	equivale a 10/ 20 años. Sistema BIPV (Generación de energía integrada en vidrios y paneles): alrededor de 25 a 30 años o más. Sistema de conductos de luz: dura al menos 20 años o más.	
[22]	Artículo	2020	Arcilla.	Dar soluciones tecnológicas y técnicas además de nuevas alternativas posibles al diseño arquitectónico.	Es un material de construcción natural y ecológico.	Es una alternativa medioambiental y económica para las casas individuales en el desierto del Sahara..	Al rededor de 50 años.	Cerna Molina Mirian Estefania
[23]	Journal	2021	Materiales naturales, concretos de bajas emisiones, materiales compuestos.	Utilizar materiales que a largo plazo ayuden al medio ambiente en general.	Reducen la contaminación del aire, agua y suelo al requerir menos procesos de fabricación intensivos en energía.	A utilizar materiales que a largo plazo ayuden al medio ambiente en general.		Chalacancruz Gianella Aillen
[24]	Artículo	2021	Bambú.	Evitar la degradación medioambiental.	Es un material resistente, durable.	Evita la continuación del daño que se provoca al medio ambiente.	De 3 a 6 años en la construcción.	Cerna Molina Mirian Estefania
[25]	Journal	2021	Bambú y fibras de lana..	Tiene como objetivo satisfacer las demandas actuales de	Bambú: sus hojas son gruesas y alargadas.	Desempeña un papel en todos los aspectos de la	Bambú: de 15-30 años. Fibras de lana: puede durar toda la vida.	Vargas Aguiar Karen Amelia

				alojamiento de trabajo e infraestructura sin socavar la capacidad de las generaciones futuras.	Fibras de lana: repele el agua y resiste el fuego.	economía, la sociedad y el medio ambiente.		
[26]	Article	2021	Fieltro de lana.	El objetivo es transformar el fieltro de lana en materiales conductores mediante la polimerización.	Es un tipo de material de biomasa natural y aislante acústico.	Ayuda como almacenamiento de energía.	Está diseñados para resistir el paso del tiempo.	Vargas Aguiar Karen Amelia
[27]	Article	2022	Lana de roca.	El objetivo principal es desarrollar materiales competitivos sostenibles.	Es un material aislante térmico.		Hasta 60 de supervisión.	Vargas Aguiar Karen Amelia
[28]	Article	2022	Polvo de granito y residuos de mármol.	Evita la acumulación de residuos sólidos y acumulados.	Es un subproducto producido por las industrias de piedra ornamental.	Mejora la resistencia de los materiales de construcción.		Andrés Santiago Muñoz Araujo
[29]	Article	2023	Bambú.	Usar materiales de origen natural para reducir la contaminación ambiental.	Es un material resistente, durable y amigable con el medioambiente.	Usarlo en el área de la construcción ayuda a la disminución de la contaminación.	Hasta 7 años con supervisión.	Andrés Santiago Muñoz Araujo
[30]	Journal	2023	Bambú.	Prolongar la vida del planeta a soporta cargas pesadas y resistente al viento y a los terremotos.	Ayuda a capturar el CO ₂ . Al cosecharse no daña el ecosistema ni se agotan los recursos naturales.		1 a 3 años cuando está expuesto a la intemperie, 4 a 7 años cuando está cubierto y entre 10 a 15 años cuando esta	Chalacan Cruz Gianella Aillen

							bien cuidada.	
[31]	Artículo	2023	Tierra cruda.	Reducir la huella de carbono creada por el área de la construcción.	Es una mezcla de arcilla húmeda y arena.	Reducción del consumo de energía final.	Pueden llegar a tener una vida útil de hasta 30 años.	Andrés Santiago Muñoz Araujo
[32]	Artículo	2024	Lana de oveja.	Reducir la contaminación que producen los materiales aislantes.	Es un aislante natural.	Reducir el uso de materiales que contribuyan a la contaminación ambiental.	Puede llegar hasta a durar hasta 100 años.	Andrés Santiago Muñoz Araujo
[33]	Artículo	2007	Fardos de paja.	Reducir el impacto ambiental producido por la industria de la construcción.	Tienen un gran rendimiento térmico y un bajo impacto ambiental.	Son una alternativa viable a los materiales aislantes reduciendo el impacto ambiental.	Aproximadamente 100 años.	Andrés Santiago Muñoz Araujo
[34]	Artículo	2019	Fibra de cáñamo.	Disminuir las variaciones diarias de humedad relativa interior y reducir el consumo de energía en un 45%. También se pueden emplear para el aislamiento acústico y/o la absorción acústica.	La fibra de cáñamo es una de las fibras naturales más fuertes y rígidas disponibles y, por lo tanto, tiene un gran potencial para su uso como refuerzo en materiales compuestos.	La producción de fibra natural utiliza un 60% menos de energía. Además, los desechos son en su mayoría orgánicos y 100% biodegradable.	100 años	Cerna Molina Mirian Estefanía
[35]	Journal	2022	La celulosa nanoestructurada (NSC).	La presencia de NSC en estructuras de hormigón muestra una mejora significativa	Es un material sostenible y ecológico de próxima generación debido a sus características	Tienen un bajo coeficiente térmico y permeabilidad, grupos hidroxilo		Cerna Molina Mirian Estefanía

				en la resistencia mecánica, la durabilidad y las propiedades de la microestructura.	cas fisicoquímicas favorables para diversas aplicaciones de la industria de la construcción.	reactivos, no toxicidad y biodegradabilidad.				171
										172
										173
										174
										175
										176
				Son buenos aislantes térmicos, confiriendo a los edificios una buena calidad térmica y un buen comportamiento térmico según los sistemas de certificación energética. Contribuye al confort general y también a la calidad del aire interior.	La fabricación de este producto de corcho utiliza únicamente vapor sobrecalentado, utilizando generadores alimentados con residuos de corcho.	Disminuir la cantidad de dióxido de carbono en la atmósfera.		Cerna Molina Mirian Estefania		177
										178
										179
										180
										181
[36]	Artículo	2015	Corcho.							182
										183
										184
										185
										186
										187
										188
				Es utilizar en la construcción en todo el mundo, y no sólo en construcciones locales o de pequeña escala.	Son un material aislante térmico natural cuya producción favorece el reciclaje de residuos agrícola.	Reducir el consumo de energía y reducir el impacto ambiental en los edificios.	Lapso de 100 años.	Cerna Molina Mirian Estefania		189
										190
[37]	Artículo	2016	Paneles de corcho aislante.							191
										192
										193

4. Discusión

Los resultados obtenidos en este estudio ofrecen una visión integral de la variedad de materiales sostenibles disponibles en la actualidad para la construcción de arquitectura moderna. Estos materiales han demostrado ser beneficiosos tanto para la salud del medio ambiente como para la durabilidad y eficiencia de las estructuras construidas. Desde opciones como el bambú, conocido por su rápida tasa de crecimiento y capacidad para cap-

turar CO₂, hasta materiales reciclados como el vidrio y el acero, que contribuyen a la reducción de residuos y la conservación de recursos naturales, la gama de opciones sostenibles es amplia y diversa.

Sin embargo, es importante reconocer que, a pesar del creciente enfoque en la sostenibilidad en la industria de la construcción, todavía persisten prácticas y materiales no sostenibles que continúan siendo utilizados en gran medida. Estos materiales, aunque pueden ofrecer ciertas ventajas en términos de costos o propiedades estructurales, tienen un impacto negativo significativo en el medio ambiente. Desde la extracción de materias primas hasta la producción y el transporte, estos materiales contribuyen a la degradación ambiental y al agotamiento de recursos naturales.

La coexistencia de materiales sostenibles y no sostenibles en la construcción arquitectónica plantea desafíos importantes en términos de mitigación de impactos ambientales. Es evidente la necesidad de una mayor investigación y desarrollo de estrategias efectivas para abordar esta dualidad. Esto incluye la identificación de fuentes específicas de materias primas para materiales sostenibles, así como la implementación de políticas y regulaciones que fomenten la adopción de prácticas constructivas más sostenibles.

Además, es esencial considerar el papel de la innovación tecnológica en la búsqueda de soluciones más sostenibles en la construcción. El desarrollo de nuevos materiales y técnicas de construcción, así como la integración de sistemas de energía renovable y diseño bioclimático, pueden ofrecer oportunidades significativas para reducir el impacto ambiental de la arquitectura moderna.

Si bien los avances en el uso de materiales sostenibles en la arquitectura moderna son alentadores, queda claro que se necesita un enfoque más completo y colaborativo para abordar los desafíos ambientales asociados con la construcción. Esto requiere un compromiso continuo con la investigación, la innovación y la acción política para promover prácticas constructivas más sostenibles y resilientes.

5. Conclusiones

Está demostrado que este estudio resalta la necesidad de realizar un cambio en los materiales utilizados en la arquitectura moderna y construcción, ya que a través de la recopilación de datos se puede llegar a la deducción que los materiales anteriormente presentados pueden ayudar a reducir la contaminación ambiental. Estos mismos materiales son de larga duración, además generan un impacto ambiental limitado durante su proceso de producción. Un claro ejemplo de esto es el bambú ya que este puede llegar a durar 50 años si se tiene bajo ciertas condiciones y también ayuda a atrapar el CO₂.

La importancia de estos resultados se presenta como prueba de que es posible utilizar otros materiales para la construcción. Estos materiales ofrecen una ventaja considerable al ser más económicos y poseer una vida útil prolongada, lo que resulta especialmente beneficioso para países en desarrollo.

Es crucial reconocer las limitaciones de este estudio, porque se presentan restricciones en cuanto a las fuentes de información sobre materiales sostenibles, ya que no se exploró en detalle de estos elementos.

Para futuras líneas de investigación que podrían ampliar y mejorar este campo podrían explorar el impacto de los materiales sostenibles a lo largo del ciclo de vida que abarque una investigación detallada sobre materiales sostenibles. Asimismo, aportaría al campo científico realizar estudios comparativos de materiales sostenibles y el desarrollo de nuevas tecnologías y materiales sostenibles. Esto con el fin de hallar alternativas para reducir la contaminación y el cambio climático, para crear una sociedad verdaderamente amigable con el medio ambiente.

Referencias

1. Mohd Taib, M.Z.; Ahmad, S.; Nogroho, W. A New Paradigm in Using Bamboo as Sustainable Material for Future Building Construction. *Environment-Behaviour Proceedings Journal* **2023**, *8*, 195–200, doi:10.21834/ebpj.v8i23.4512.
2. Zhang, C.; Hu, M.; Yang, X.; Amati, A.; Tukker, A. Life Cycle Greenhouse Gas Emission and Cost Analysis of Prefabricated Concrete Building Façade Elements. *J Ind Ecol* **2020**, *24*, 1016–1030, doi:10.1111/jiec.12991.
3. Ljungberg, L.Y. Materials Selection and Design for Development of Sustainable Products. *Mater Des* **2007**, *28*, 466–479, doi:10.1016/j.matdes.2005.09.006.
4. Venkatarama Reddy, B.V. Sustainable Materials for Low Carbon Buildings. *International Journal of Low-Carbon Technologies* **2009**, *4*, 175–181, doi:10.1093/ijlct/ctp025.
5. Bakharev, T. Geopolymeric Materials Prepared Using Class F Fly Ash and Elevated Temperature Curing. *Cem Concr Res* **2005**, *35*, 1224–1232, doi:10.1016/j.cemconres.2004.06.031.
6. Bakharev, T. Geopolymeric Materials Prepared Using Class F Fly Ash and Elevated Temperature Curing. *Cem Concr Res* **2005**, *35*, 1224–1232, doi:10.1016/j.cemconres.2004.06.031.
7. Farooq, F.; Jin, X.; Faisal Javed, M.; Akbar, A.; Izhar Shah, M.; Aslam, F.; Alyousef, R. Geopolymer Concrete as Sustainable Material: A State of the Art Review. *Constr Build Mater* **2021**, *306*, 124762, doi:10.1016/j.conbuildmat.2021.124762.
8. Fridley, K.J. Wood and Wood-Based Materials: Current Status and Future of a Structural Material. *Journal of Materials in Civil Engineering* **2002**, *14*, 91–96, doi:10.1061/(ASCE)0899-1561(2002)14:2(91).
9. Mariani, A.; Malucelli, G. Transparent Wood-Based Materials: Current State-of-the-Art and Future Perspectives. *Materials* **2022**, *15*, 9069, doi:10.3390/ma15249069.
10. Lee, H.-J.; Lee, H.-S.; Seo, J.; Kang, Y.-H.; Kim, W.; Kang, T. State-of-the-Art of Cellulose Nanocrystals and Optimal Method for Their Dispersion for Construction-Related Applications. *Applied Sciences* **2019**, *9*, 426, doi:10.3390/app9030426.
11. Ali, H.H.; Al Nsairat, S.F. Developing a Green Building Assessment Tool for Developing Countries – Case of Jordan. *Build Environ* **2009**, *44*, 1053–1064, doi:10.1016/j.buildenv.2008.07.015.
12. Kitchenham, B.; Pearl Brereton, O.; Budgen, D.; Turner, M.; Bailey, J.; Linkman, S. Systematic Literature Reviews in Software Engineering – A Systematic Literature Review. *Inf Softw Technol* **2009**, *51*, 7–15, doi:10.1016/j.infsof.2008.09.009.
13. Morel, J.C.; Mesbah, A.; Oggero, M.; Walker, P. Building Houses with Local Materials: Means to Drastically Reduce the Environmental Impact of Construction. *Build Environ* **2001**, *36*, 1119–1126, doi:10.1016/S0360-1323(00)00054-8.
14. Oti, J.E.; Kinuthia, J.M. Stabilised Unfired Clay Bricks for Environmental and Sustainable Use. *Appl Clay Sci* **2012**, *58*, 52–59, doi:10.1016/j.clay.2012.01.011.
15. Muñoz Velasco, P.; Morales Ortíz, M.P.; Mendivil Giró, M.A.; Muñoz Velasco, L. Fired Clay Bricks Manufactured by Adding Wastes as Sustainable Construction Material – A Review. *Constr Build Mater* **2014**, *63*, 97–107, doi:10.1016/j.conbuildmat.2014.03.045.
16. Rossi, B. Discussion on the Use of Stainless Steel in Constructions in View of Sustainability. *Thin-Walled Structures* **2014**, *83*, 182–189, doi:10.1016/j.tws.2014.01.021.

17. Sieffert, Y.; Huygen, J.M.; Daudon, D. Sustainable Construction with Repurposed Materials in the Context of a Civil Engineering–Architecture Collaboration. *J Clean Prod* **2014**, *67*, 125–138, doi:10.1016/j.jclepro.2013.12.018.
18. Vandevyvere, H.; Heynen, H. Sustainable Development, Architecture and Modernism: Aspects of an Ongoing Controversy. *Arts* **2014**, *3*, 350–366, doi:10.3390/arts3040350.
19. Maywald, C.; Riesser, F. Sustainability – The Art of Modern Architecture. *Procedia Eng* **2016**, *155*, 238–248, doi:10.1016/j.proeng.2016.08.025.
20. Tabb, P.J.; Deviren, A.S. *The Greening of Architecture*; Routledge, 2017; ISBN 9781351888622.
21. Lee, J.H. Reinterpreting Sustainable Architecture: What Does It Mean Syntactically? *Sustainability* **2020**, *12*, 6566, doi:10.3390/su12166566.
22. Yassine, M.B. Contemporary Architecture Design of Clay Material-Ecological Alternatives for Individual Houses in the Sahara Desert. *Materials Science Forum* **2020**, *1005*, 57–64, doi:10.4028/www.scientific.net/MSF.1005.57.
23. Ige, O.E.; Olanrewaju, O.A.; Duffy, K.J.; Obiora, C. A Review of the Effectiveness of Life Cycle Assessment for Gauging Environmental Impacts from Cement Production. *J Clean Prod* **2021**, *324*, 129213, doi:10.1016/j.jclepro.2021.129213.
24. Yadav, M.; Mathur, A. Bamboo as a Sustainable Material in the Construction Industry: An Overview. *Mater Today Proc* **2021**, *43*, 2872–2876, doi:10.1016/j.matpr.2021.01.125.
25. Tiza, T.M.; Singh, S.K.; Kumar, L.; Shettar, M.P.; Singh, S.P. Assessing the Potentials of Bamboo and Sheep Wool Fiber as Sustainable Construction Materials: A Review. *Mater Today Proc* **2021**, *47*, 4484–4489, doi:10.1016/j.matpr.2021.05.322.
26. Wu, Z.; Zeng, Y.; Liu, Y.; Xiao, H.; Zhang, T.; Lu, M. Utilization of Waste Wool Felt Architecture to Synthesize Self-Supporting Electrode Materials for Efficient Energy Storage. *New Journal of Chemistry* **2021**, *45*, 17513–17521, doi:10.1039/D1NJ03834F.
27. Danaci, H.M.; Akin, N. Thermal Insulation Materials in Architecture: A Comparative Test Study with Aerogel and Rock Wool. *Environmental Science and Pollution Research* **2022**, *29*, 72979–72990, doi:10.1007/s11356-022-20927-2.
28. Luo, Y.; Bao, S.; Zhang, Y. Recycling of Granite Powder and Waste Marble Produced from Stone Processing for the Preparation of Architectural Glass–Ceramic. *Constr Build Mater* **2022**, *346*, 128408, doi:10.1016/j.conbuildmat.2022.128408.
29. Binega Yemesegen, E.; Memari, A.M. A Review of Experimental Studies on Cob, Hempcrete, and Bamboo Components and the Call for Transition towards Sustainable Home Building with 3D Printing. *Constr Build Mater* **2023**, *399*, 132603, doi:10.1016/j.conbuildmat.2023.132603.
30. Mohd Taib, M.Z.; Ahmad, S.; Nogroho, W. A New Paradigm in Using Bamboo as Sustainable Material for Future Building Construction. *Environment-Behaviour Proceedings Journal* **2023**, *8*, 195–200, doi:10.21834/ebpj.v8i23.4512.
31. Aras-Gaudry, A.; Fronteau, G.; Hamard, E. Rediscovering Raw Earth Heritage of Champagne Area (France): Cartography and Typology of a Specific Adobe Vernacular Architecture. *Mater Today Proc* **2023**, doi:10.1016/j.matpr.2023.08.310.
32. Hetimy, S.; Megahed, N.; Eleinen, O.A.; Elgheznawy, D. Exploring the Potential of Sheep Wool as an Eco-Friendly Insulation Material: A Comprehensive Review and Analytical Ranking. *Sustainable Materials and Technologies* **2024**, *39*, e00812, doi:10.1016/j.susmat.2023.e00812.

-
33. Sun, C.; Gu, J.; Dong, Q.; Qu, D.; Chang, W.; Yin, X. Are Straw Bales Better Insulation Materials for
Constructions? A Review. *Developments in the Built Environment* **2023**, *15*, 100209,
doi:10.1016/j.dibe.2023.100209.
34. Manaia, J.P.; Manaia, A.T.; Rodrigues, L. Industrial Hemp Fibers: An Overview. *Fibers* **2019**, *7*, 106,
doi:10.3390/fib7120106.
35. Nasir, M.; Aziz, M.A.; Zubair, M.; Manzar, M.S.; Ashraf, N.; Mu'azu, N.D.; Al-Harthi, M.A. Recent
Review on Synthesis, Evaluation, and SWOT Analysis of Nanostructured Cellulose in Construction
Applications. *Journal of Building Engineering* **2022**, *46*, 103747, doi:10.1016/j.jobbe.2021.103747.
36. Gil, L. Cork: Sustainability and New Applications. *Front Mater* **2015**, *1*, doi:10.3389/fmats.2014.00038.
37. Silvestre, J.; Pargana, N.; de Brito, J.; Pinheiro, M.; Durão, V. Insulation Cork Boards—Environmental Life
Cycle Assessment of an Organic Construction Material. *Materials* **2016**, *9*, 394, doi:10.3390/ma9050394.