

Article

# Evolución de materiales estructurales en las edificaciones

Castro Guadalupe<sup>1</sup>, Guillen Donovan<sup>1</sup>, Lopez Zambrano Widinson<sup>1</sup>, Villaprado Zharick<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Técnica Estatal de Quevedo; gcastrol@uteq.edu.ec

**Abstract:** Este trabajo de revisión bibliográfica estudia la evolución histórica de los materiales de construcción de edificaciones, desde las antiguas técnicas de construcción de cabañas de piedra del neolítico hasta los modernos rascacielos de hormigón y acero se destacan los materiales más utilizados desde la antigüedad hasta los materiales estructurales utilizados en la arquitectura contemporánea, sus características principales, avances tecnológicos y usos. Además, se resalta la importancia de adoptar enfoques responsables y sostenibles en la construcción con estos materiales para mitigar el impacto ambiental y garantizar un futuro próspero. La evolución de los materiales de construcción evidencia el ingenio humano y su capacidad de adaptación para crear estructuras duraderas, funcionales y estéticamente impresionantes.

**Keywords:** Materiales estructurales; propiedades; historia; presente; sostenibilidad; edificios; métodos de construcción; impacto medioambiental.

## 1. Introducción

A través del tiempo, el hombre se ha desarrollado de múltiples formas para poder cubrir todas sus necesidades básicas, entre ellas, refugio del sol y la lluvia, del viento y la nieve, el disponer de un lugar, de un techo para ejecutar sus distintas actividades e idear estructuras utilizadas para la construcción de diferentes tipos de edificaciones [5,11], considerando inicialmente los materiales que ha tenido a su disposición e idear diversas maneras de combinarlos [1]. Si se observa un poco la historia, los materiales estructurales más utilizados por las comunidades humanas fueron, en primer lugar, el barro, la piedra y la sillería (piedras labradas por sus caras formando muros), así como también los realizados por los Aztecas en Ecuador y Perú.

Estas son formas de mampostería. [1,5,8,10] Los ladrillos que se moldeaban a mano con arcilla húmeda y luego eran cocidos al sol; esta ha sido una práctica que hasta hoy en día aún es utilizada en ciertos climas áridos. La cocción de ladrillos de arcilla que se remonta mucho tiempo atrás (más de 5000 años en Egipto aproximadamente) fué utilizada para la construcción del primer edificio fabricado con ese material ver [6].

Tiempo después, los materiales cerámicos como el vidrio, la piedra y cemento, y en particular el ladrillo cocido, los diferentes tipos de cementos y el hormigón, han evolucionado hasta la actualidad siendo muy utilizados en distintos tipos de construcción [2,8,10,14]. El uso de la madera, siendo este un material de construcción natural noble y apreciado por su versatilidad, es el único material de construcción renovable, y aun conociendo algunas de sus desventajas, sigue siendo un material muy usado [5,8].

Luego, la incorporación de materiales como el hierro, metálicos y otros materiales novedosos como el acero, han evolucionado adaptándose a nuevas exigencias y diseños modernos. [3,11,14].

Dar una visión clara sobre todo este proceso histórico es de gran ayuda para relacionar cada material, comprendiendo los procesos de transformación en el tiempo hasta la actualidad, abriendo las puertas al desarrollo de habilidades para una mejor elección de materiales y su correcta utilización en los proyectos.

**Citation:** Castro, G.; Guillen, D.; Lopez, w.; Villaprado, Z. Evolución de materiales estructurales en las edificaciones. *Journal Not Specified* 2024, 1, 0. <https://doi.org/>

Received:

Revised:

Accepted:

Published:

**Copyright:** © 2024 by the authors. Submitted to *Journal Not Specified* 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/>).

### 1.1. Objetivos

- Identificar la evolución histórica de los materiales estructurales utilizados en la construcción de edificaciones. Esto implica revisar la literatura existente para observar la evolución de los mismos a lo largo del tiempo, desde materiales tradicionales como la madera y la piedra hasta materiales más modernos como el acero, el hormigón armado y el vidrio.
- Explorar los avances tecnológicos en la ciencia de materiales, la ingeniería y analizar la influencia en la evolución de los materiales estructurales y la mejora de los existentes.
- Analizar el impacto de la evolución de los materiales en la arquitectura contemporánea, estudiando los nuevos materiales y las técnicas de construcción desarrolladas, que han influido en el diseño y la estética de las edificaciones contemporáneas,
- Evaluar las implicaciones de la evolución de los materiales en términos de sostenibilidad y eficiencia energética, y cómo afecta al medio ambiente
- Determinar una visión de los materiales estructurales de construcción de edificaciones relevantes en la arquitectura contemporánea.

## 2. Materiales y Métodos

La revisión de trabajos previos da la oportunidad para entender la trayectoria histórica y las tendencias actuales en el desarrollo de materiales estructurales.

Para realizar dicha revisión se sigue la metodología dada en [7].

### 2.1. Proceso de Búsqueda y Selección

#### Etapa 1. Búsqueda y selección manual

Para este trabajo se realizó una búsqueda de bibliografía relacionada a conceptos o definiciones que aclaren la pregunta: ¿Cuál es la evolución histórica de los materiales estructurales utilizados en la construcción de edificaciones y cómo ha influido esta evolución en la arquitectura contemporánea? Para este fin se realizó una revisión de distintos trabajos relacionados con materiales estructurales para edificaciones, los materiales estructurales más utilizados a lo largo del tiempo, la arquitectura contemporánea y la influencia de la evolución histórica de los materiales estructurales utilizados en la construcción de edificaciones en la actualidad. En su mayoría se consideraron artículos académicos con Doi, desde el año 2018 en adelante, publicados en revistas especializadas en arquitectura, ingeniería civil, historia de la construcción, materiales de construcción, etc., e instituciones académicas que contienen investigaciones detalladas sobre materiales estructurales específicos, así como estudios de casos de proyectos de construcción históricos, donde se presentan investigaciones y discusiones sobre la evolución de los materiales estructurales y su impacto en la arquitectura.

Se realizó la búsqueda de bibliografía relacionada por medio de diversas fuentes y bases de datos académicas especializadas: Google Académico, IEEE Xplore, SpringerLink y Bibliotecas Universitarias. Se realizó una búsqueda manual de selección basada en citas, buscando otros artículos que hicieran referencia a otros ya obtenidos. El resultado de esta búsqueda fue de 14 trabajos de investigación científica.

#### 2.2. Etapa 2. Procesos de selección

1. Se realizaron tablas (título - resumen) para elegir sólo los trabajos relacionados al tema a estudiar, para ver las tablas ver el (APÉNDICE). Como resultado, se descartaron para este trabajo los artículos siguientes: [9,13]. Los artículos [4,7] no son utilizados para realizar el estudio pero sí en el latex y en la metodología del trabajo respectivamente.
2. Se realizó una tabla (asunto-demostrado por el artículo), para categorizar los trabajos según la información contenida.

<b>Asunto, en relación a:</b>	<b>Demostrado por, número de bibliografía</b>
Material estructural	1., 5.
Mampostería, tipos, historia	1., 5.
Ladrillos, material de construcción sostenibles.	1., 5.
Hormigón, historia siglo XX, hormigón armado, propiedades.	2., 5.
Materiales metálicos nanoestructurados, estudio de propiedades, materiales novedosos.	3.
Madera, ladrillos, piedra, mampostería, acero, cemento, hormigón, metales: hierro, hierro forjado, acero, acero inoxidable, aluminio, cobre, bronce, latón, zinc, estaño, cromo, magnesio, titanio, vidrio. Historia de cada uno, gestión forestal sostenible, reciclaje de materiales.	5., 8.
Acero. Acero inoxidable, características de tensión-deformación, acero de carbono estructural, diseño de estructuras de acero.	6.
Tipos de cementos, su fabricación, historia	8.
Seguridad industrial AEC	9.
Ladrillo natural, mortero, morteros de cal, ladrillo cocido, historia.	10.
Acero, diseños modernos y propiedades	11.
Madera, piedra o acacia y barro, hormigón, sillería, ladrillos y entramados de madera, ladrillo.	12.
Tecnología de la construcción	13.
Hormigón de cáñamo, elaboración y propiedades, cal hidratada y ladrillo triturado. Propiedades mecánicas favorables. Materiales novedosos	14.

**Table 1.** Asunto-Demostrado por**Resumen luego de agrupar contenidos comunes**

1. Material Estructural y Mampostería: Los artículos 1 y 5 exploran la evolución de materiales estructurales, destacando la mampostería en sus tipos e historia. Esto abarca el uso de ladrillos como materiales de construcción sostenibles. 87  
88  
89  
90
2. Hormigón: El artículo 2 y el artículo 5 profundizan en la historia del hormigón en el siglo XX, abordando aspectos como el hormigón armado y sus propiedades. Se observa cómo los avances en el hormigón influyen en la arquitectura contemporánea. 91  
92  
93  
94
3. Materiales Metálicos Nanoestructurados: El artículo 3 se centra en el estudio de propiedades de materiales metálicos nanoestructurados, resaltando su papel como materiales novedosos en la construcción. 95  
96  
97  
98
4. Diversidad de Materiales: El artículo 5 y 8 ofrecen una amplia perspectiva, abordando diversos materiales como madera, ladrillos, piedra, acero, cemento, etc. Se explora la historia de cada material, su gestión forestal sostenible y reciclaje. 99  
100  
101  
102
5. Acero: El artículo 6 se enfoca en el acero, especificando características de tensión-deformación, diseño de estructuras de acero y explorando diseños modernos de acero en el artículo 12. 103  
104  
105  
106
6. Tipos de Cementos: El artículo 8 aborda los tipos de cementos, su fabricación e historia, proporcionando información relevante sobre un componente clave en la construcción. 107  
108  
109  
110
7. Ladrillo Natural y Mortero: El artículo 10 examina el ladrillo natural y mortero, incluyendo la historia y variantes como los morteros de cal y ladrillos cocidos. 111  
112  
113  
114

8. Materiales y Diseños Modernos: El artículo 13 aborda diversos materiales como madera, piedra, acacia, barro, hormigón, sillería, ladrillos y entramados de madera, explorando su historia en el Reino Unido y cómo influyen en los diseños modernos.
9. Hormigón de Cáñamo: El artículo 15 se adentra en el hormigón de cáñamo, sus propiedades, elaboración y destaca su papel como material novedoso en la construcción.

Este resumen permite identificar conexiones y patrones que son necesarios para relacionar y analizar los contenidos sobre la evolución de materiales estructurales y su influencia en la arquitectura contemporánea.

Finalmente se ha elaborado la siguiente síntesis con el objeto de visualizar aun mas las conexiones y contenidos comunes que permitirán hilar a través del tiempo los contenidos sobre la evolución de los materiales estructurales.

### 3. Antecedentes

El desarrollo de los materiales estructurales ha sido esencial en la evolución de la construcción a lo largo de la historia. A principios del siglo XIX, el sistema de construcción de madera “El marco del globo” dio un vuelco a la industria de la construcción al eliminar postes y vigas pesados, optimizando así la eficiencia y reduciendo costos, en antiguo sistema de construcción “la mampostería”, donde el albañil apila una sobre otra ladrillos, piedras o bloques de hormigón para formar paredes u otras estructuras se destaca por su variedad de colores, texturas y formas. Aunque requiere mucha mano de obra, la mampostería ha perdurado en el tiempo, siendo competitiva, tanto por la técnica, como por lo económica que que pueda ser. La mampostería sigue siendo una técnica muy versátil.

La masonería, comenzó con paredes bajas apiladas y evolucionó con el uso del mortero para proporcionar estabilidad y hermetismo. la técnica perfecciono y se usaron ladrillos y se abandonó gradualmente el barro como material de construcción.

El siglo XIX presenció cambios importantes con la introducción de nuevos materiales. El acero, inicialmente utilizado en dispositivos de conexión, se convirtió en un componente estructural clave. La invención del acero abundante y económico en la década de 1850 marcó el inicio, permitiendo la construcción de rascacielos más grandes.

El hormigón, inventado por los romanos y redescubierto en el siglo XVIII, experimentó un resurgimiento en el siglo XIX con el desarrollo del cemento Portland, inventado por el constructor Joseph Aspdin en 1824 en la isla de Portland, ubicada al sur del Reino Unido. El hormigón armado, con barras de acero incrustadas y la posterior innovación del hormigón pretensado, dieron luz a las nuevas posibilidades de diseño y resistencia. A finales del siglo XIX, la mampostería comenzó a perder terreno contra nuevos materiales. Los edificios altos requerían estructuras de acero para superar las limitaciones de los muros de mampostería gruesa. Se utilizó el hormigón por su rapidez de construcción y versatilidad y se convirtió en una alternativa popular. De esta manera, el acero, el hormigón y otros materiales avanzados han moldeado la arquitectura moderna. La ingeniería ha aplicado matemáticas sofisticadas para analizar estructuras de mampostería y ha incorporado tecnologías que permiten la extracción y manipulación eficientes de materiales como piedra y ladrillos.

### 4. Metodología

La metodología empleada en esta revisión bibliográfica se basa en un enfoque sistemático ver [7] para analizar la literatura existente relacionada con materiales estructurales utilizados en edificaciones a lo largo de la historia. A continuación, se detallan los pasos seguidos en la realización de esta investigación:

1. Definición del Ámbito de la Revisión: Se establecieron claramente los objetivos de la revisión bibliográfica, incluyendo los materiales estructurales utilizados históricamente ( piedra, mampostería, madera [5,8], morteros, hormigón y acero), hasta la época actual de concreto [2,5].

2. Identificación de Palabras Clave: Se desarrolló un conjunto de palabras clave (Materiales estructurales, propiedades. historia, actualidad, sustentabilidad, edificaciones,

métodos de construcción, impacto ambiental.) relacionadas con materiales estructurales y la pregunta de investigación.

3. Selección de Bases de Datos y Recursos: Se eligieron cuidadosamente bases de datos académicas y recursos especializados, incluyendo Google Académico, SpringerLink, IEEE y revistas especializadas en ingeniería civil y materiales de construcción.

4. Búsquedas Sistemáticas: Se realizaron búsquedas sistemáticas utilizando las palabras clave identificadas en las bases de datos seleccionadas. Se aplicaron filtros, como el rango de años y frases relacionadas a la pregunta de investigación para refinar los resultados.

5. Filtrado y Selección de Artículos Relevantes: Se llevó a cabo una revisión exhaustiva de títulos y resúmenes para identificar artículos pertinentes a los objetivos de la investigación. Se aplicaron criterios de inclusión y exclusión para seleccionar estudios relevantes y de calidad.

6. Revisión de Bibliografías de Artículos Clave: Se examinaron las bibliografías de los artículos clave seleccionados para identificar estudios adicionales relevantes que podrían haberse pasado por alto en las búsquedas iniciales, con la ayuda de paréntesis, se utilizaron operadores booleanos como el AND y el OR.

7. Organización y Catalogación de la Información: Se estableció una tabla para clasificar la información recopilada según categorías de materiales estructurales y aplicaciones específicas, se puede ver la tabla en: Cuadro 1.

8. Análisis y Síntesis de la Información: Se realizó un estudio de los artículos seleccionados para extraer información clave sobre propiedades, distintos materiales y su historia así como aplicaciones y avances tecnológicos. La información se sintetizó para identificar aun mas patrones y contenidos comunes.

10. Redacción de la Revisión Bibliográfica: La información recopilada se organizó de manera coherente en la revisión bibliográfica, en el mismo orden que en las tablas.

11. Citas y Normas de Estilo: Se siguieron la norma de estilo APA, tanto para las referencias como para las citas, asegurándose de citar correctamente todas las fuentes utilizadas.

## 5. Resultados

En esta sección, se presentan los hallazgos obtenidos tras la revisión bibliográfica de la evolución de los materiales estructurales de construcción. Se incluye una tabla resumen que condensa los principales aspectos de los materiales estudiados.

TABLA DE EXTRACCIÓN DE DATOS “EVOLUCIÓN DE LOS MATERIALES ESTRUCTURALES EN LAS EDIFICACIONES”								
Referencia	Título	Tipo de Documento	Año de publicación	Material	Descripción del material	Año de inicio de uso	¿Qué evolución tuvo?	Estudiante /Revisión
R. Vagholm, Amy. Matteo, Behrang V., and Tupenaite L. Evolution and current state of building materials, construction methods, and building regulations in the u.k.: Implications for sustainable building practices. <i>Buildings</i> MDPI, 13(6), 2023. doi: <a href="https://doi.org/10.3390/buildings13061480">https://doi.org/10.3390/buildings13061480</a>	Evolution and current state of building materials, construction methods, and building regulations in the u.k.: Implications for sustainable building practices.	Journal	2023	Hormigón armado	Se une el hormigón con una estructura metálica de hierro para brindar mayor resistencia a la estructura	En 1848.	El documento muestra la evolución de los materiales desde el barro, madera hasta el hormigón, técnicas de prefabricación y nuevos sistemas estructurales.	Castro Luna Guadalupe Madelein

**Table 2.** Tabla de extracción de datos

Referencia	Tipo de Documento	Año de publicación	Material	Descripción del material	Año de inicio de uso	¿Qué evolución tuvo?	Estudiante/Revisión
[1]	Journal	2023	Hormigón Armado	Se origina con la unión del hormigón con una estructura metálica de hierro	En 1848.	Evolución desde el barro, madera hasta el hormigón.	Castro Luna Guadalupe Madelein
[2]	Journal	2019	Acero, Hormigón y Madera	Aleación de metal, hierro, y el carbono. El hormigón hecho con cemento, arena y gravas o piedra. La madera material natural	Acero/1.000 a.C Hormigón/ 200 años A.C. Madera un millón de años.	Barro, paja y madera, hasta la implementación del acero y hormigón en los edificios distintivos de China.	Castro Luna Guadalupe Madelein
[3]	Journal	2020	Hempcrete (biocompuesto)	Mezcla de cáñamo y cal, arena o puzolanas.	China 4.000 a.C	Aplica cal a las mezclas de albañilería (cemento, agua y arena)	Castro Luna Guadalupe Madelein
[4]	Revista Científica	2017	Madera, Bambú, Barro	El Bambú/ madera compuesto biodegradables	5.000 a.C., Neolítico de la Edad de Piedra, en China	X	Castro Luna Guadalupe Madelein
[5]	Journal	2014	Cemento y polímeros	Polvo fino y suave	Grecia, año 1824	Reemplazo parcial del agregado fino, ayuda contra la corrosión.	Castro Luna Guadalupe Madelein
[6]	Journal	2017	Yeso	Se considera térmicamente aislante.	En la antigua Jericó, en el	X	Castro Luna Guadalupe Madelein

[7]	Journal	2021	Aserrín Y Hormigón	Polvillo de la madera. El hormigón hecho a base de cemento, arena y gravas o piedra.	milenio VI a. C.	Al combinar estos dos materiales ayuda a la resistencia	Castro Luna Guadalupe Madelein
[8]	Journal	2021	Hormigón	El hormigón hecho a base de cemento, arena y gravas o piedra.	Hormigón, Roma 200 años A.C.	Uno de los materiales de mayor resistencia	Castro Luna Guadalupe Madelein
[9]	Journal	2017	Vigas de Acero	Material de aleación combinado con metal y carbono	1.000 a.C	Mayor facilidad para soportar techos y cargas	Castro Luna Guadalupe Madelein
[10]	Journal	2022	La Mampostería	Es un material resistente y con una durabilidad excepcional.	7000 a.C.	Sustituyó a la piedra y su producción ahora es más eficaz que antes.	Villapradو Menéndez Zharick Waleska
[11]	Journal	2018	Hormigón armado	Se origina con la unión del hormigón con una estructura metálica de hierro	Principios del siglo XX.	Tiene una evolución significativa debido a las nuevas soluciones técnicas y materiales.	Villapradо Menéndez Zharick Waleska
[12]	Journal	2018	Materiales metálicos	Este tipo de material presenta un nivel alto de resistencia.	A mediados del siglo XX.	La evolución que experimentaron fue a través de un proceso conocido como deformación plástica severa.	Villapradо Menéndez Zharick Waleska
[13]	Journal	2018	Concreto moderno	Su comportamiento varía entre estado sólido y líquido	A mediados del siglo XIX.	La evolución de este material fue significativa con la llegada de la	Villapradо Menéndez Zharick Waleska

				dependiendo del esfuerzo que se aplica.		fabricación digital, la cual ha permitido diseñar, planificar y el proceso de construcción.	
[14]	Journal	2018	Material de cambio de fase	Almacena y libera gran cantidad de energía térmica	X	El material tiene una evolución significativa en cuanto a la integración en la envolvente de los edificios.	Villaprado Menéndez Zharick Waleska
[15]	Journal	2018	Madera modificada térmicamente	Propiedades estables y resistencia contra organismos degradantes de la madera.	X	La evolución de este material muestra efectos positivos cuando es expuesta a espacios exteriores.	Villaprado Menéndez Zharick Waleska
[16]	Journal	2021	Hormigón de ultra alto rendimiento	Material diseñado con una microestructura de múltiples escalas para lograr un alto nivel de resistencia y comprensión.	A partir del siglo XXI.	El hormigón moderno ha alcanzado niveles de calidad con resistencia superior a 150 MPa y tiene alta durabilidad.	Villaprado Menéndez Zharick Waleska
[17]	Journal	2019	Ladrillos	Elementos de construcción hechos de arcilla o barro.	7300-6600 a.C.	Se han adaptado a tendencias modernas y a la presión ambiental.	Villaprado Menéndez Zharick Waleska
[18]	Journal	2020	Cemento	Material que se combina con otros como arena y grava para formar concreto.	A partir del siglo XIX.	Tuvo avances significativos en su composición y producción para mejorar sus propiedades y las aplicaciones en la construcción.	Villaprado Menéndez Zharick Waleska

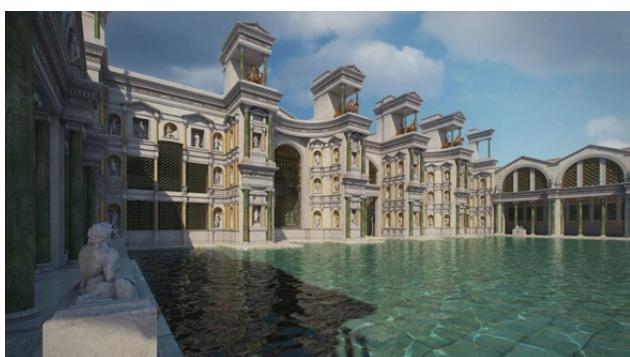
[19]	Journal	2022	Ladrillo	Material para la construcción de muros es los edificios	A partir del siglo XX.	El avance que toma es que se utilizan para la evaluación estructural de los edificios, a medida que la degradación de las paredes no afecte en una edificación.	Lopez Zambrano Widinson Fernando
[20]	Journal	2016	Concreto reforzado con fibras de acero (CRFA)	Material para losas de concreto sobre terreno reforzadas con fibras de acero para uso en vivienda.	A partir del siglo XIX.	Tuvo avances significativos en su composición el desempeño de losas de concreto sobre terreno reforzadas con fibras de acero y con cargas menores a 500 kg/m2.	Lopez Zambrano Widinson Fernando
[21]	Journal	2022	Ladrillos de Tierra	Bloques sin quemar, durante la producción no se necesita carbón ni material quemado.	X	Tuvo avances significativos en su composición y producción para mejorar la dureza igualada como un ladrillo normal.	Lopez Zambrano Widinson Fernando
[22]	Journal	2017	Ladrillos de arcilla	Material que se combina con otros como el carbón y cáscara de trigo como aditivos en los ingredientes iniciales de los ladrillos de arcilla.	A partir del siglo XIX.	X	Lopez Zambrano Widinson Fernando
[23]	Journal	2016	Ladrillos prensados	Material que se combina con otros	Segunda mitad del siglo XIX	Tuvo avances significativos en su composición y producción, este sistema	Lopez Zambrano Widinson Fernando

				como zulejería mecánica de Silió.		facilita la entrada del agua de lluvia en la mampostería y por tanto, su deterioro.	
[24]	Journal	2023	Morteros híbridos	Mezcla de geles amorfos como CSH y NASH para cenizas volantes	A partir del siglo XXI.	Se ha utilizado principalmente en la fabricación de productos prefabricados, ya que se controla mejor la manipulación de soluciones alcalinas.	Lopez Zambrano Widinson Fernando
[25]	Journal	2021	Mortero	Agregan conchas de Acanthocardia tuberculata	A partir del siglo XX.	Sustituyentes parciales de la fracción inerte en hormigones y morteros.	Lopez Zambrano Widinson Fernando
[26]	Journal	2023	Arcilla expandida	Material que se combina con otros como la arcilla natural y el agregado de arcilla expandida.	A partir del siglo XXI.	Presenta una resistencia superior al hormigón ligero comercial con áridos poliméricos.	Lopez Zambrano Widinson Fernando
[27]	Journal	2022	Hormigon y el Cemento	Material que se combina con otros como agregados de piedra caliza y agregados silíceos	A partir del siglo XXI.	Un proceso estable e inerte del hormigón y el cemento.	Lopez Zambrano Widinson Fernando
[28]	Journal	2023	Ladrillo natural ; mortero romano ; puzolana ; clínker natural ; combustión de carbón	El ladrillo está hecho de arcilla. Mortero es una mezcla de cal, arena y agua.	Ladrillo natural: 7000 a.C Mortero	El análisis de las características del ladrillo natural abre nuevas direcciones para la investigación de los	Guillén Barbotó Donovan Daniel

				Puzolana: Ceniza volcánica usada en cemento. Clínker natural: Producto de calcinación de piedras calizas y arcillas. Combustión de carbón: Proceso de quemar carbón para producir energía	romano: II a.c Puzolana: III a.c Clínker natural: XIX Combustión de carbón: XVIII	morteros de cal en Viminacium, sugiriendo posibles prácticas de sostenibilidad en la construcción romana y proporcionando insights relevantes para la conservación del patrimonio cultural.	
[29]	Journal	2021	Carbono y hormigón	Carbono: elemento químico, base de la química orgánica. Hormigón: Mezcla de cemento, arena y piedras	A partir del siglo XIX	X	Guillén Barbotó Donovan Daniel
[30]	Journal	2020	Áridos naturales o áridos naturales de hormigón	Áridos naturales: Los áridos son materiales granulares inorgánicos. Áridos naturales de hormigón: Estos áridos se seleccionan cuidadosamente para obtener las características deseadas en el hormigón, como	X	X	Guillén Barbotó Donovan Daniel

				resistencia y durabilidad.			
[31]	Journal	2017	Lateral-torsional	Lateral-torsional: es un fenómeno observado en vigas no restringidas sometidas a carga.	X	Se utiliza una aproximación polinómica para reducir el número de ejecuciones del modelo FE y facilitar la evaluación de los índices de sensibilidad, mostrando las relaciones entre la esbeltez y los índices de sensibilidad de primer y segundo orden en gráficos.	Guillén Barbotó Donovan Daniel
[32]	Journal	2017	Materiales de construcción	Materiales de construcción: son elementos utilizados en la industria de la construcción para la edificación de estructuras y obras.	Materiales de construcción : desde siempre	Agrupar iniciativas existentes y señalar áreas de ahorro de materiales	Guillén Barbotó Donovan Daniel
[33]	Journal	2021	Materiales de construcción	Materiales de construcción: son elementos utilizados en la industria de la construcción para la edificación de estructuras y obras.	Materiales de construcción : desde siempre	X	Guillén Barbotó Donovan Daniel
[34]	Journal	2020	Cerámicos domésticos	Cerámicos domésticos: son objetos de cerámica utilizados en el ámbito	X	Mayor actividad puzolánica en comparación con los residuos de ladrillos de arcilla.	Guillén Barbotó Donovan Daniel

				doméstico, como utensilios de cocina, vajillas, jarros, tazas, platos, entre otros.			
[35]	Journal	2015	Aceros al carbono	Dos parámetros críticos: longitud de la meseta de fluencia y módulo tangente de endurecimiento. Ambos afectan el pandeo elástico-plástico en elementos estructurales robustos.	Acero, Grecia 1.000 a.C.	Propiedades post-cedencia en aceros de grado estructural comunes, centrándose en la longitud de la meseta de fluencia y el módulo tangente de endurecimiento por deformación inicial. como parámetros críticos.	Guillén Barbotó Donovan Daniel
[35]	Journal	2015	Aceros al carbono	Dos parámetros críticos: longitud de la meseta de fluencia y módulo tangente de endurecimiento. Ambos afectan el pandeo elástico-plástico en elementos estructurales robustos.	Acero, Grecia 1.000 a.C.	Se utiliza una exploración estadística para evaluar las magnitudes confiables de las propiedades post-cedencia en aceros de grado estructural comunes,	Guillén Barbotó Donovan Daniel



**Figure 3.** La imagen de arriba a la izquierda es Coliseo Romano. Fuente: [National Geographic](#); la imagen de arriba la derecha es La silueta del volcán Vesubio se recorta en el cielo tras las ruinas de la ciudad de Pompeya. Fuente: [National Geographic](#); la imagen de abajo a la izquierda es Termas de Diocleciano. Fuente: [VIATOR IMPERI-GUÍA DE VIAJE POR LA ANTIGÜEDAD](#); la imagen de abajo a la derecha es Acueducto romano Pont du Gard, en Nimes (Francia). Fuente: [National Geographic](#)

Entre los siglos V al XV, las civilizaciones medievales de Europa, como en el mundo islámico llevaron las bóvedas de mampostería a un nivel muy alto de desarrollo. 238

Los europeos dirigieron sus esfuerzos hacia fortalezas y catedrales de piedra, culminando en las bóvedas apuntadas y arbotantes de las grandes iglesias góticas. 239

Durante el período comprendido entre los siglos V y XV, las sociedades medievales tanto en Europa como en el mundo islámico alcanzaron un notable desarrollo en la construcción de bóvedas de mampostería. En Europa, se concentraron en la edificación de fortificaciones y catedrales en piedra, alcanzando su punto culminante en las bóvedas apuntadas y contrafuertes presentes en las grandes iglesias góticas. 240

241

242

243

244

245

246

247



**Figure 4.** La imagen de la izquierda es Castillo de Bran, Rumania. Fuente: [Usoarquitectura](#); la imagen de la izquierda es Castillo de Lichtenstein, Alemania. Fuente: [Usoarquitectura](#)



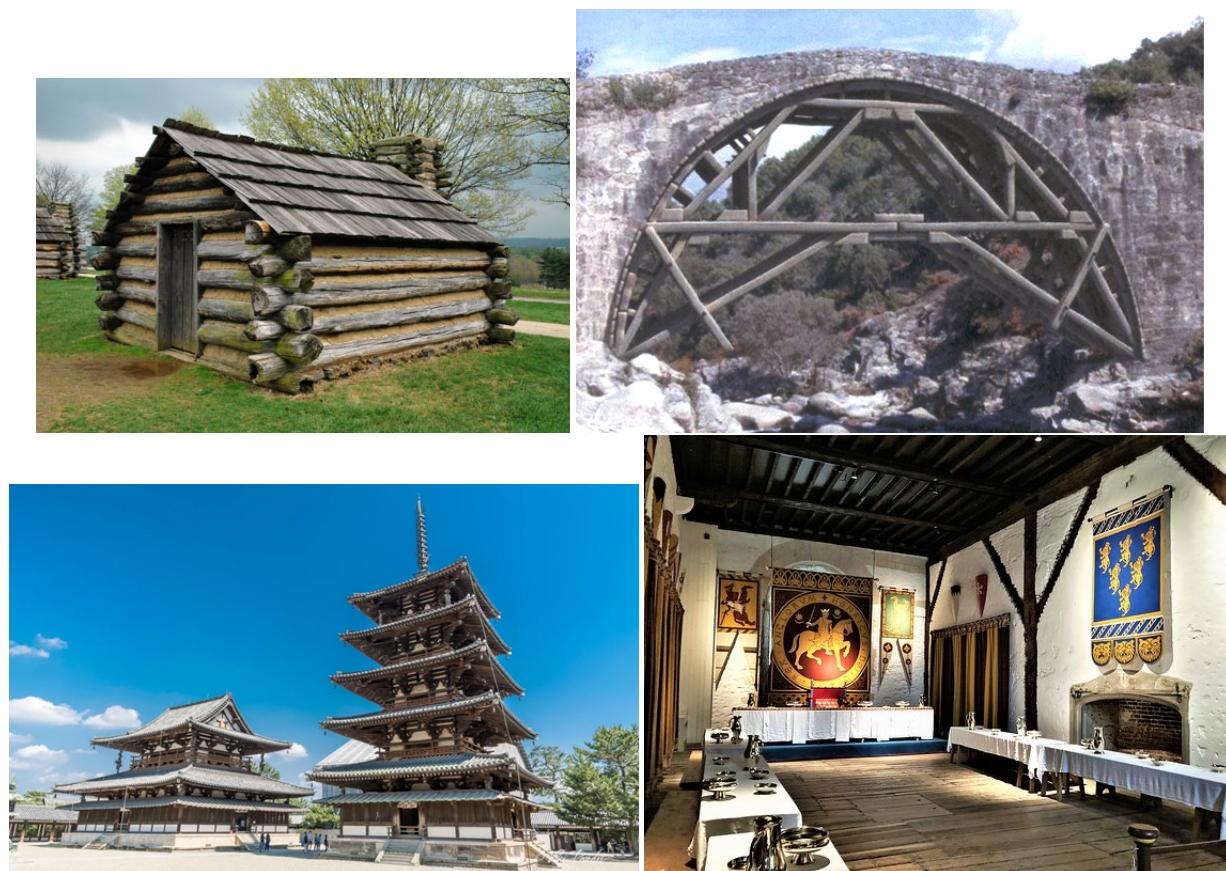
**Figure 5.** La imagen de arriba a la izquierda es Basílica de San Marcos, España. Fuente: [Usoarquitectura](#); la imagen de arriba la derecha es Catedral de Santiago de Compostela, España. Fuente: [Usoarquitectura](#); la imagen de abajo a la izquierda es Catedral de Notre-Dame, Francia. Fuente: [Usoarquitectura](#); la imagen de abajo a la derecha es Alhambra de Granada año 1300. Fuente: [Wordpress](#)

En América Central, América del Sur y Asia, otras civilizaciones estaban llevando a cabo una evolución de las técnicas de albañilería en piedra tallada y el uso de adobes en el arte de la sillería (piedras labradas por sus caras formando muros) estas también son técnicas de mampostería. La pirámide del sol. Su base cubre la misma área que la Gran Pirámide de Gizeh. Su aspecto actual data de 1910, cuando se restauró con motivo del centenario de la independencia de México.

247  
248  
249  
250  
251  
252



**Figure 6.** La imagen de la izquierda es La Cúpula tiene en su interior la roca donde, según la tradición islámica, Mahoma ascendió a los cielos para reunirse con Dios, acompañado del ángel Gabriel. Fue construido entre el 687 y 691. Fuente: [Wordpress](#); la imagen de la izquierda es La pirámide del sol. Su base cubre la misma área que la Gran Pirámide de Gizeh. Su aspecto actual data de 1910, cuando se restauró con motivo del centenario de la independencia de México. Fuente: [National Geographic](#)



**Figure 14.** La imagen de arriba a la izquierda es Cabaña de troncos. Fuente: [Interempresas](#); la imagen de arriba la derecha es Estructura con vigas de madera pesada. Fuente: [Maderamen](#); la imagen de abajo a la izquierda es Templo Horyu, Ikaruga (Japón). Fuente: [Alamy](#); la imagen de abajo a la derecha es El Castillo de Dover. Fuente: [Tripadvisor](#)

En el continente asiático se edificaron construcciones de envergadura, antes que en occidente. Durante la Edad Media, se introdujo por primera vez el uso de vigas de madera reforzadas.

La llegada de carpinteros británicos a Norteamérica en los siglos XVII y XVIII trajo consigo conocimientos sobre la construcción de armazones reforzados, lo cual influyó en la arquitectura de la región durante más de dos siglos.



**Figure 15.** La imagen de la izquierda es Los edificios de madera en una vieja ciudad del oeste americano, siglo XVIII. Fuente: [Alamy](#); la imagen de la derecha es Construcción típica de casas de madera de aldeanos con 300 años de antigüedad, Rusia. Fuente: [Depositphotos](#)

En esta época, la mayoría de las construcciones en Norteamérica se erigían utilizando madera tallada a mano y unida en entramados. Los clavos eran un recurso escaso y costoso,

468

469

470

471

472

473

474

475

de mayor envergadura. Los paneles CLT ofrecen una excelente resistencia estructural y pueden utilizarse en paredes, techos, suelos y elementos de carga.

Sin embargo, esta forma de estructura pesada ha evolucionado hacia la madera ligera, que se ha convertido en el sistema predominante en la construcción de casas, pequeños comercios y edificios de apartamentos de hasta cuatro o cinco pisos.

La introducción del entramado ligero de madera, innovador sistema constructivo que surgió durante la primera mitad del siglo XIX, cuando los profesionales del sector se percataron de que las paredes verticales colocadas en estrecha proximidad dentro de una estructura de madera pesada eran lo suficientemente robustas como para prescindir de los robustos postes estructurales. El desarrollo de esta técnica fue impulsado principalmente por dos avances tecnológicos claves de la época.

En la actualidad algunas comunidades utilizan madera ligera por su accesibilidad y bajo costo.



**Figure 18.** Arquitectura con bambú: construcción de casa con caña guadua en Guayaquil, Ecuador.  
Fuente: [Eluniverso](#)

## 6. Discusión

Es de vital importancia percatarse que en el transcurso desde tiempos antiguos hasta la actualidad, tres aspectos esenciales: la iniciativa que impulsa a la acción para llevar a cabo una construcción (la necesidad humana), los materiales de construcción disponibles, y la técnica con su tecnología asociada; han ido evolucionando juntas, siempre dependientes entre si. Por esta razón, para estudiar los materiales estructurales de construcción a través de la historia, es necesario mencionar y tener conocimiento de las técnicas o tecnologías asociadas con el uso de dicho material. En un principio las primeras construcciones iniciaron con las primitivas estructuras de piedra, pasando luego por el ladrillo de barro y cocido, la mampostería y las distintas construcciones en la edad media, la modernidad y la actualidad; mostrando el gran ingenio humano, asociado con avances tecnológicos y culturales. Luego transitando por las diferentes aplicaciones de distintos morteros utilizados, hasta la llegada del hormigón al imperio Romano y el redescubrimiento de esta refinada técnica del hormigón que ha revolucionado la forma en que se construyen edificios, pues los seres humanos han buscado constantemente formas de mejorar la durabilidad, la resistencia y la eficiencia de las estructuras que se construyen. Los metales, con el uso del hierro forjado en la época medieval hasta los avances en la metalurgia, como el método Bessemer en el siglo XIX, que permitió el uso extendido de metales como el hierro y el acero en la construcción y su evolución hasta llegar a las últimas y mas actuales construcciones de acero y hormigón o de acero inoxidable. A la madera no se le puede quitar la importancia que merece, ya que tiene una relevancia significativa como material

noble y recicitable, que actualmente sigue vigente, con altas demandas como material estructural en la actualidad. También hay que mencionar la importancia que ha tenido la influencia tecnológica de diferentes culturas y períodos históricos en las técnicas de construcción. Desde las pirámides de Egipto hasta los actuales rascacielos de Nueva York, pues cada civilización y cada época han dejado su marca única en el paisaje construido. La arquitectura no solo es un reflejo de las necesidades prácticas humanas, como la protección contra los elementos o la expresión de la identidad cultural, sino también de necesidades humanas más profundas como sus valores estéticos, artísticos y aspiraciones espirituales.

Junto a todos estos avances en la construcción, han surgido desafíos significativos respecto a la sostenibilidad ambiental. El gran gasto energético en la elaboración de los distintos materiales de construcción y emisiones de gas invernadero, por ejemplo en la elaboración del cemento de la actualidad y otros materiales naturales como la madera, ha llevado a la deforestación y a la degradación del medio ambiente en muchas partes del mundo. Es indispensable y necesario que a medida que se continúa avanzando en el campo de la construcción, se haga de una manera más consciente para minimizar el impacto en el planeta y se adopten prácticas más sostenibles, como la utilización de materiales reciclados y la implementación de diseños energéticamente eficientes.

## 7. Conclusiones

Con este trabajo de investigación se ha podido evidenciar de una manera clara, la evolución de la construcción, las diferentes técnicas constructivas asociadas y los materiales estructurales que a lo largo de la historia han sido testimonio del ingenio humano y su capacidad de adaptación. Desde las humildes chozas de piedra y paja hasta los imponentes rascacielos de hormigón y acero que se vislumbran imponentemente en las grandes metrópolis, se ha recorrido un largo camino en la búsqueda de obtener construcciones con estructuras duraderas, funcionales y estéticamente impresionantes.

Se debe destacar que este progreso ha tiene sus desafíos, pues a medida que se avanza hacia el futuro es necesario, no solo mirar la rentabilidad de nuestras construcciones, sino también el impacto que las mismas pueden ocasionar en el medio ambiente y en las comunidades que las habitan. Solo adoptando de manera responsable y eficiente un enfoque sostenible de la construcción, es posible garantizar que las generaciones futuras hereden un mundo que sea aún más próspero y hermoso que el que se ha construido hasta ahora.

## Appendix A

575

Título del Artículo	Resumen
1. Masonry in the Context of Sustainable Buildings: A Review of the Brick Role in Architecture	<p>El proceso de combinar varias partes para crear una estructura se llama construcción. Un componente efectivo y significativo de cualquier construcción es la mampostería. El Coliseo, edificios de las antiguas Grecia y Roma, los edificios centroamericanos y las estructuras micénicas, utilizaron este material como uno de sus principales elementos constructivos. La forma más antigua es la mampostería seca de forma irregular y las piedras con forma. Las cualidades ecológicas de la mampostería como material restaurador de bajo impacto sobre el medio ambiente, así como la capacidad de control ambiental del muro macizo, le aportan gran valor y vuelve a llamar la atención como material adecuado para la construcción sostenible, en el contexto de las preocupaciones actuales para la arquitectura sostenible. Este artículo toma la forma de una revisión del camino de la albañilería como material de construcción principal, desde estructuras prehistóricas hasta edificios modernos. Este artículo analizará los fundamentos de la construcción de mampostería para respaldar su uso en estructuras a lo largo de la historia y en muchos estilos arquitectónicos, como una representación crucial de la construcción humana en la historia de la arquitectura. Este artículo tiene como objetivo realizar una revisión histórica, presentando la albañilería como material de construcción esencial y evaluación de su papel en la historia de los materiales de construcción. Palabras clave: arquitectura contemporánea; ladrillos; albañilería; materiales de construcción sostenibles.</p>

**Table A1.** Tabla Títulos y resúmenes de artículos

Título del Artículo	Resumen
14. Mechanical, Thermal, and Moisture Buffering Properties of Novel Insulating Hemp - Lime Composite Building Materials	<p>El hormigón de cáñamo es un biocompuesto sostenible que puede reducir la energía incorporada en los edificios al tiempo que mejora el rendimiento energético y la calidad ambiental interior. Esta investigación tiene como objetivo desarrollar nuevos compuestos aislantes de cáñamo y cal utilizando innovadoras mezclas de aglutinantes hechas de materiales reciclados y puzolanas de baja energía incorporada. La caracterización de los componentes mecánicos e higrotérmicos. Las propiedades incluyen al medir la resistencia a la compresión, la resistencia a la tracción, la conductividad térmica, capacidad calorífica específica y capacidades amortiguadoras de humedad. Este estudio también investiga el impacto del muestreo. Densidades y contenido de agua sobre la resistencia a la compresión en edades más avanzadas. Los hallazgos sugieren que Las mezclas con una proporción de aglutinante a cáñamo de 1:1 y una densidad de 300-400 kg/m<sup>3</sup> tienen propiedades higrotérmicas y mecánicas. Propiedades adecuadas para aplicaciones de aislamiento de paredes de relleno. Por lo tanto, las resistencias a la compresión, térmicas Los valores de conductividad y capacidad calorífica específica oscilan entre 0,09 y 0,57 MPa, 0,087 y 0,10 W/m·K, y 1250 a 1557 J/kg K, respectivamente. El valor promedio del amortiguador de humedad para todas las muestras de cáñamo de 2,78 (gm/m<sup>2</sup> RH%) indican una excelente capacidad de almacenamiento de humedad. Puzolana de ladrillo triturado reciclado puede mejorar el rendimiento higrotérmico de los compuestos de cáñamo-cal. Así, muestras con 10% El ladrillo triturado tiene la conductividad térmica más baja considerando su densidad y la mayor humedad. Capacidad del buffer. Las nuevas fórmulas de cal hidratada y ladrillo triturado tienen propiedades mecánicas comparable a las fórmulas de metacaolín y cal hidráulica.</p>

Table A13. Tabla Títulos y resúmenes de artículos

## References

- Almssad, A.; Almusaed, A.; Homod, R.Z. Masonry in the Context of Sustainable Buildings: A Review of the Brick Role in Architecture. *Sustainability* **2022**, *14*, 22, 14734. <https://doi.org/10.3390/su142214734>
- Berkowski, P.; Dmochowski, G.; Barański, J.; Szołomicki, J. The Construction History and Assessment of Two Heritage Industrial Buildings in Wrocław. *MATEC Web Conf.* **2018**, *174*, 03008. <https://doi.org/10.1051/matecconf/201817403008>
- Cao, Y.; Ni, S.; Liao, X.; Song, M.; Zhu, Y. Structural evolutions of metallic materials processed by severe plastic deformation. *Materials Science and Engineering: R: Reports* **2018**, *133*, 1–59. <https://doi.org/10.1016/j.mser.2018.06.001>
- Datta, D. *LaTeX in 24 Hours: A Practical Guide for Scientific Writing*; Springer: [City, Country], 2017. Available online: <https://link.springer.com/content/pdf/bfm:978-3-319-47831-9/1?pdf=chapter%20toc> (accessed on Day Month Year).
- Allen, E.; Iano, J. *Building Construction Materials and Methods*; John Wiley and Sons. Inc.: Hoboken, New Jersey, 2009. Available online: <https://online.fliphtml5.com/osspz/ikfp/#isNeat> (accessed on Day Month Year).
- Gardner, L. Stability and design of stainless steel structures – Review and outlook. *Thin-Walled Structures* **2019**, *141*. <https://doi.org/10.1016/j.tws.2019.04.019>

7. Kitchenham, B.; Brereton, O.P.; Budgen, D.; Turner, M.; Bailey, J.; Linkman, S. Systematic literature reviews in software engineering – A systematic literature review. *Information and Software Technology* **2009**, *51*(1), 7–15. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2008.09.009> 590
8. Lyons, A. *Materials for architects and builders*; Routledge: [City, Country], 2012. <https://doi.org/10.4324/9780080465791> 591
9. Maliha, M.; Abu Aisheh, Y.; Tayeh, B.; Almalki, A. Safety Barriers Identification, Classification, and Ways to Improve Safety Performance in the Architecture, Engineering, and Construction (AEC) Industry: Review Study. *Sustainability* **2021**, *13*(6), 3316. <https://doi.org/10.3390/SU13063316> 593
10. Nikolić, E.; Delić-Nikolić, I.; Jovičić, M.; Miličić, L.; Mijatović, N. Recycling and Reuse of Building Materials in a Historical Landscape—Viminacium Natural Brick (Serbia). *Sustainability* **2023**, *15*(3). Available online: <https://www.mdpi.com/2071-1050/15/3/2824> 595
11. Sadowski, A.J.; Rotter, J.M.; Reinke, T.; Ummenhofer, T. Statistical analysis of the material properties of selected structural carbon steels. *Structural Safety* **2015**, *53*. <https://doi.org/10.1016/j.strusafe.2014.12.002> 599
12. Vagtholm, R.; Matteo, A.; Behrang, V.; Tupenaite, L. Evolution and Current State of Building Materials, Construction Methods, and Building Regulations in the U.K.: Implications for Sustainable Building Practices. *Buildings MDPI* **2023**, *13*(6). <https://doi.org/10.3390/buildings13061480> 601
13. Wu, J.; Wei, H.; Peng, L. Research on the Evolution of Building Technology Based on Regional Revitalization. *Buildings MDPI* **2019**, *9*(7). <https://doi.org/10.3390/buildings9070165> 602
14. Abdellatef, Y.; Khan, M.A.; Khan, A.; Alam, M.I.; Kavgic, M. Mechanical, Thermal, and Moisture Buffering Properties of Novel Insulating Hemp-Lime Composite Building Materials. *Materials MDPI* **2020**, *13*(21). <https://doi.org/10.3390/ma13215000> 603

1. Vagtholm, R.; Matteo, A.; Vand, B.; Tupenaite, L. Evolution and Current State of Building Materials, Construction Methods, and Building Regulations in the U.K.: Implications for Sustainable Building Practices. *Buildings* **2023**, *13*.
2. Wu, J.; Wei, H.; Peng, L. Research on the Evolution of Building Technology Based on Regional Revitalization. *Buildings* **2019**, *9*, doi:10.3390/buildings9070165.
3. Abdellatef, Y.; Khan, M.A.; Khan, A.; Alam, M.I.; Kavcic, M. Mechanical, Thermal, and Moisture Buffering Properties of Novel Insulating Hemp-Lime Composite Building Materials. *Materials* **2020**, *13*, doi:10.3390/ma13215000.
4. Libonati, F.; Buehler, M.J. Advanced Structural Materials by Bioinspiration. *Adv Eng Mater* **2017**, *19*.
5. Chung, D.D.L. Use of Polymers for Cement-Based Structural Materials. *J Mater Sci* **2004**, *39*, doi:10.1023/B:JMSC.0000025822.72755.70.
6. Lei, D.Y.; Guo, L.P.; Sun, W.; Liu, J. ping; Miao, C. wen Study on Properties of Untreated FGD Gypsum-Based High-Strength Building Materials. *Constr Build Mater* **2017**, *153*, doi:10.1016/j.conbuildmat.2017.07.166.
7. Batool, F.; Islam, K.; Cakiroglu, C.; Shahriar, A. Effectiveness of Wood Waste Sawdust to Produce Medium- to Low-Strength Concrete Materials. *Journal of Building Engineering* **2021**, *44*, doi:10.1016/j.jobe.2021.103237.
8. Moccia, F.; Yu, Q.; Fernández Ruiz, M.; Muttoni, A. Concrete Compressive Strength: From Material Characterization to a Structural Value. *Structural Concrete* **2021**, *22*, doi:10.1002/suco.202000211.
9. Yu, Q.Q.; Wu, Y.F. Fatigue Durability of Cracked Steel Beams Retrofitted with High-Strength Materials. *Constr Build Mater* **2017**, *155*, doi:10.1016/j.conbuildmat.2017.09.051.
10. Almssad, A.; Almusaed, A.; Homod, R.Z. Masonry in the Context of Sustainable Buildings: A Review of the Brick Role in Architecture. *Sustainability (Switzerland)* **2022**, *14*.
11. Berkowski, P.; Dmochowski, G.; Barański, J.; Szołomicki, J. The Construction History and Assessment of Two Heritage Industrial Buildings in Wrocław. In Proceedings of the MATEC Web of Conferences; 2018; Vol. 174.

12. Cao, Y.; Ni, S.; Liao, X.; Song, M.; Zhu, Y. Structural Evolutions of Metallic Materials Processed by Severe Plastic Deformation. *Materials Science and Engineering R: Reports* **2018**, *133*.
13. Reiter, L.; Wangler, T.; Roussel, N.; Flatt, R.J. The Role of Early Age Structural Build-up in Digital Fabrication with Concrete. *Cem Concr Res* **2018**, *112*.
14. Liu, Z.; Yu, Z. (Jerry); Yang, T.; Qin, D.; Li, S.; Zhang, G.; Haghigat, F.; Joybari, M.M. A Review on Macro-Encapsulated Phase Change Material for Building Envelope Applications. *Build Environ* **2018**, *144*.
15. Herrera, R.; Arrese, A.; de Hoyos-Martinez, P.L.; Labidi, J.; Llano-Ponte, R. Evolution of Thermally Modified Wood Properties Exposed to Natural and Artificial Weathering and Its Potential as an Element for Façades Systems. *Constr Build Mater* **2018**, *172*, doi:10.1016/j.conbuildmat.2018.03.157.
16. Bajaber, M.A.; Hakeem, I.Y. UHPC Evolution, Development, and Utilization in Construction: A Review. *Journal of Materials Research and Technology* **2021**, *10*.
17. Fiala, J.; Mikolas, M.; Krejsova, K. Full Brick, History and Future. In Proceedings of the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science; 2019; Vol. 221.
18. Mechtcherine, V.; Bos, F.P.; Perrot, A.; da Silva, W.R.L.; Nerella, V.N.; Fataei, S.; Wolfs, R.J.M.; Sonebi, M.; Roussel, N. Extrusion-Based Additive Manufacturing with Cement-Based Materials – Production Steps, Processes, and Their Underlying Physics: A Review. *Cem Concr Res* **2020**, *132*.
19. Menéndez, E.; Gil Martín, L.M.; Salem, Y.; Jalón, L.; Hernández-Montes, E.; Alonso, M.C. Bayesian Assessment of Surface Recession Patternsin Brick Buildings with Critical Factors Identification. *Boletin de la Sociedad Espanola de Ceramica y Vidrio* **2022**, *61*, doi:10.1016/j.bsecv.2022.04.002.
20. Carrillo, J.; Silva Páramo, D. Flexural Tests of Concrete Slabs-on-Ground Reinforced with Steel Fibers. *Ingeniería, Investigación y Tecnología* **2016**, *17*.
21. Abid, R.; Kamoun, N.; Jamoussi, F.; El Feki, H. Fabrication and Properties of Compressed Earth Brick from Local Tunisian Raw Materials. *Boletin de la Sociedad Espanola de Ceramica y Vidrio* **2022**, *61*, doi:10.1016/j.bsecv.2021.02.001.
22. Ahmad, S.; Iqbal, Y.; Muhammad, R. Effects of Coal and Wheat Husk Additives on the Physical, Thermal and Mechanical Properties of Clay Bricks. *Boletin de la Sociedad Espanola de Ceramica y Vidrio* **2017**, *56*, doi:10.1016/j.bsecv.2017.02.001.

23. Camino, S.; Llorente, A.; León, F.J.; Olivar, J.M. Characteristics of the Pressed Bricks Manufactured by Mechanical Tilery of Silió in Early 20th Century in Valladolid, Spain. In Proceedings of the Procedia Engineering; 2016; Vol. 161.
24. Shagñay, S.; Bautista, A.; Velasco, F.; Torres-Carrasco, M. Carbonation of Alkali-Activated and Hybrid Mortars Manufactured from Slag: Confocal Raman Microscopy Study and Impact on Wear Performance. *Boletin de la Sociedad Espanola de Ceramica y Vidrio* **2023**, 62, doi:10.1016/j.bsecv.2022.07.003.
25. Suarez-Riera, D.; Merlo, A.; Lavagna, L.; Nisticò, R.; Pavese, M. Mechanical Properties of Mortar Containing Recycled Acanthocardia Tuberculata Seashells as Aggregate Partial Replacement. *Boletin de la Sociedad Espanola de Ceramica y Vidrio* **2021**, 60, doi:10.1016/j.bsecv.2020.03.011.
26. Viana Rodrigues, A.; Roca Bragança, S. An Evaluation of the Increased Expansion of Clay Aggregates Fired at 1300 °C to Maximize Lightness for Non-Structural Concrete. *Boletin de la Sociedad Espanola de Ceramica y Vidrio* **2023**, 62, doi:10.1016/j.bsecv.2021.11.003.
27. Aparicio, P.; Martín, D.; Baya-Arenas, R.; Flores-Alés, V. Behaviour of Concrete and Cement in Carbon Dioxide Sequestration by Mineral Carbonation Processes. *Boletin de la Sociedad Espanola de Ceramica y Vidrio* **2022**, 61, doi:10.1016/j.bsecv.2020.11.003.
28. Nikolić, E.; Delić-Nikolić, I.; Jovičić, M.; Miličić, L.; Mijatović, N. Recycling and Reuse of Building Materials in a Historical Landscape—Viminacium Natural Brick (Serbia). *Sustainability (Switzerland)* **2023**, 15, doi:10.3390/su15032824.
29. Norouzi, M.; Chàfer, M.; Cabeza, L.F.; Jiménez, L.; Boer, D. Circular Economy in the Building and Construction Sector: A Scientific Evolution Analysis. *Journal of Building Engineering* **2021**, 44, doi:10.1016/j.jobe.2021.102704.
30. Ghisellini, P.; Ulgiati, S. Economic Assessment of Circular Patterns and Business Models for Reuse and Recycling of Construction and Demolition Waste. In *Advances in Construction and Demolition Waste Recycling: Management, Processing and Environmental Assessment*; 2020.
31. Kala, Z.; Valeš, J. Global Sensitivity Analysis of Lateral-Torsional Buckling Resistance Based on Finite Element Simulations. *Eng Struct* **2017**, 134, doi:10.1016/j.engstruct.2016.12.032.
32. Pomponi, F.; Moncaster, A. Circular Economy for the Built Environment: A Research Framework. *J Clean Prod* **2017**, 143, doi:10.1016/j.jclepro.2016.12.055.

33. Shojaei, A.; Ketabi, R.; Razkenari, M.; Hakim, H.; Wang, J. Enabling a Circular Economy in the Built Environment Sector through Blockchain Technology. *J Clean Prod* **2021**, *294*, doi:10.1016/j.jclepro.2021.126352.
34. Ding, Y.; Dong, H.; Cao, M.; Pacheco-Torgal, F.; Azevedo, C. Recycled Household Ceramic Waste in Eco-Efficient Cement: A Case Study. In *Advances in Construction and Demolition Waste Recycling: Management, Processing and Environmental Assessment*; 2020.
35. Sadowski, A.J.; Rotter, J.M.; Reinke, T.; Ummenhofer, T. Statistical Analysis of the Material Properties of Selected Structural Carbon Steels. *Structural Safety* **2015**, *53*, doi:10.1016/j.strusafe.2014.12.002.