

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/350124336>

Prefabricación de mobiliario sustentable usando residuos de construcción, demolición y de madera, como materiales alternativos

Chapter · March 2021

CITATIONS

0

READS

271

5 authors, including:



María Alejandra Rico

Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia

3 PUBLICATIONS 0 CITATIONS

SEE PROFILE



Alejandro Arango

Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia

5 PUBLICATIONS 0 CITATIONS

SEE PROFILE



Brayan Leon Garcia

Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia

2 PUBLICATIONS 1 CITATION

SEE PROFILE



Karen Jessenia Venegas Ocampo

Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia

1 PUBLICATION 0 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Metodología para el diagnóstico de patologías en pavimentos rígidos [View project](#)



Rehaben 2020 Euroamerican Congress [View project](#)

Mundo Organizacional

VOLUMEN II

EDITORES:

PhD. Mario Heimer Flórez Guzmán

PhD. Vicente Ripoll Feliu

PhD. Fernando de Almeida Santos

PhD. Julio César Montiel Flores

LIBRO DE CAPÍTULOS RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN

En este libro resultado de investigación todos los capítulos incluidos en él son producto de investigaciones desarrolladas por sus autores, y fueron arbitrados bajo el sistema doble ciego por expertos externos en el área, bajo la supervisión del grupo de investigación Mundo Organizacional de la Corporación Universitaria Remington, y el Centro de Investigaciones y Desarrollo Ecuador. Los planteamientos y argumentaciones presentadas en los capítulos del libro Mundo Organizacional Volumen II «DIÁLOGOS ACADÉMICOS DE ENTORNOS EMPRESARIALES CAMBIANTES», son responsabilidad única y exclusiva de sus autores, por lo tanto, los editores, las Universidades e instituciones que respaldan la obra actúan como un tercero de buena fe.

Edición: Editorial del Centro de Investigaciones y Desarrollo Ecuador CIDE-Ecuador.
© 2020 Mundo Organizacional Volumen II «DIÁLOGOS ACADÉMICOS DE ENTORNOS EMPRESARIALES CAMBIANTES»

Editores

Mario Heimer Flórez Guzmán
Vicente Ripoll Felieu
Julio César Montiel Flores
Fernando Almeida Santos

Autores

© Gerardo Pedraza Vega; © Angélica María Moncaleano Rodríguez; © Maureen Jennifer Gutierrez Rodríguez; © Edicson Enrique Rubiano Aranzales; © Leidy Johanna Forero Rincón; © Isaac Cruz Estrada; © Ana María Miranda Zavala; © Ricardo Garibay Zamora; © Lina María Maya Toro; © Jhon F Escobar; © Marili Floisa Reyna Díaz; © Lennin Gonzalo Pajuelo Vilcarino; Rivera Chavez Victor Jhanpiere; © Israel Barrutia Barreto; © Yeison Farid Méndez Ortiz; © Yeison Farid Méndez Ortiz; © Gustavo Adolfo Rubio-Rodríguez; © Diana Patricia Cárdenas González; © Aracelly Buitrago Mejía; © Mario Samuel Rodríguez Barrero; © Alejandro Arango Correa; © Aroldo Barbutin Díaz; © Juan Felipe Parra Rodas; © Marco Antonio Lara Martínez; © Oscar Ausencio Carballo Aguilar; © José Luis González Niño; © Rafaela Felicidad Carrillo; © Juan Esteban González Cardona; © Mario Heimer Flórez Guzmán; © Elkin Antonio Restrepo Escobar; © Maria Alejandra Rico Pérez; Hernan Dario Cañola; © Alejandro Arango Correa; © Karen Jessenia Venegas Ocampo; © Brayan León García Suárez; © Rafael Augusto da Silva; © Thais Benassi Billegas Carareto; © João Pinheiro de Barros Neto; © Fernando de Almeida Santos; © Pedro Pablo Chambi Condori; © Marco Antonio Ruiz Correa; © Jorge Armando García García.

Segundo Volumen

Versión digital
Depósito legal: 118984
ISBN: 978-9942-802-92-7

Versión impresa

Depósito legal: 118986
ISBN: 978-9942-802-93-4

Coordinador Editorial: Lic. Pedro Misacc Naranjo, MSc.

Portada: imagen de el mundo y las organizaciones en lo digital; imagen propiedad de Adobe Stock (descarga gratuita).

Diagramación e impresión: Editorial CIDE Ecuador.

Revisión de estilo, gramática, ortografía y redacción: Ph.D. Julio César Montiel Flores,

Edit. Víctor Julio Henao Henao & Ph.D. Mario Heimer Flórez Guzmán.

Correo electrónico: empresariales@uniremington.edu.co

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir Igual 4.0 Internacional

Catalogación de la fuente

118984

v.2

Mundo Organizacional Volumen II: Diálogos académicos en entornos empresariales cambiantes / Mario Heimer Flórez Guzmán, Vicente Ripoll Felieu, Julio César Montiel Flores & Fernando Almeida Santos, coordinadores. -Guayaquil (Ecuador): Fondo Editorial del Centro de Investigaciones y Desarrollo Ecuador (CIDE), 2020. (Colección Mundo Organizacional). 454 páginas.

Versión digital, ISBN: 978-9942-802-92-7; Versión impresa, ISBN: 978-9942-802-93-4
COMPETITIVIDAD, EMPRENDIMIENTO, INTRAEMPRENDIMIENTO, RESPONSABILIDAD SOCIAL, TALENTO HUMANO, INVESTIGACIÓN, TRANSFORMACIÓN DIGITAL, LOGÍSTICA, CULTURA ORGANIZACIONAL, Guayaquil-Ecuador: Centro de Investigaciones y Desarrollo Ecuador (CIDE) y Grupo de Investigación Mundo Organizacional de la Corporación Universitaria Remington (Mundo Organizacional), Medellín – Colombia.

Disponible en:

<http://repositorio.cidecuador.org/>

<https://cidecuador.org/>

Editores

Phd. Mario Heimer Flórez Guzmán

Investigador Sénior por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación de Colombia, Editor in Chief de revistas nacionales e internacionales, coeditor de revistas internacionales, presidente de comités editoriales de centro de investigación nacionales e internacionales. Actualmente es el director institucional del centro de investigaciones e innovación en los negocios y director del Grupo de Investigación Mundo Organizacional de la Corporación Universitaria Remington.

Phd. Vicente Ripoll Feliu

Presidente de AICOGestion.Org. Profesor de Control de Gestión en Facultad de Economía. University of Valencia, Doctor en Ciencias Económicas y Empresariales, Profesor de la Universidad de Valencia. 40 años impartiendo docencia en Contabilidad de Costes y de Gestión (control de gestión). Presidente de AICOGestión. Director y profesor del Máster de Finanzas y CdeG (premio Universidad-Sociedad) y del Máster en SAP ERP Controlling; del grupo de investigación IMACCEv; del Congreso Iberoamericano de CdG . Ha publicado más de 350 artículos. Ex-Director de Investigación del Departamento de Contabilidad de la Universidad de Valencia y del departamento de contabilidad. Premio a la Excelencia Academia de los Premios de la ACCID . Premio Proyecto de Investigación en el ámbito logístico portuario. Miembro del Consejo Asesor del IACBA, Accounting and Public Management.

Phd. Fernando de Almeida Santos

Editor in Chief de revistas nacionales e internacionales, coeditor de revistas internacionales, presidente de comités editoriales nacionales e internacionales. Actualmente se desempeña como coordinador de la Maestría en Contabilidad de la Pontificia Universidad Católica de Sao Paulo en el Brasil.

Phd. Julio César Montiel Flores

Es miembro del Cuerpo Académico en Consolidación de “Biotecnología y bioeconomía en las Organizaciones y Políticas Públicas”. Actualmente cuenta con el Perfil Deseable del PRODEP y es miembro del SNI nivel I. Es doctor en Ciencias Sociales y Humanidades por la Universidad Autónoma de Aguascalientes, cuenta con un Máster en Mercadotecnia por parte de la Universidad Autónoma de Aguascalientes y es Licenciado en Comunicación Medios Masivos por la Universidad Autónoma de Aguascalientes.

Capítulo III

Prefabricación de mobiliario sustentable usando residuos de construcción, demolición y de madera como materiales alternativos

Maria Alejandra Rico Pérez



Magíster en Ingeniería Civil
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9376-1874>
CvLAC: <https://bit.ly/2M3zSGg>
Correo: maria.rico@colmayor.edu.co

Hernán Darío Cañola



Magíster en Construcción
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0488-5817>
CvLAC: <https://bit.ly/3aEbEwj>
Correo: dario.cañola@colmayor.edu.co

Alejandro Arango Correa



Magíster en Gestión de la innovación tecnológica
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9320-7347>
CvLAC: <https://bit.ly/37Hb3bm>
Correo: alejandro.arango@colmayor.edu.co

Cómo citar este capítulo en normas APA 7ma edición:

Rico-Pérez et al. (2020). Prefabricación de mobiliario sustentable usando residuos de construcción, demolición y de madera como materiales alternativos en M. H. Flórez-Guzmán et al. (Ed.), *Mundo Organizacional* (1 Ed., Vol. 2, pp. 67-100). Editorial CIDE Ecuador.

Karen Jessenia Venegas Ocampo



Estudiante en Construcciones Civiles
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0895-8195>
CvLAC: <https://bit.ly/3aBKmGZ>
Correo: kvenegas@est.colmayor.edu.co

Brayan León García Suárez



Bm en Construcciones Civiles
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9568-5273>
CvLAC: <https://bit.ly/37GziGP>
Correo: bgarciasu@unal.edu.co

M.Sc. Maria Alejandra Rico-Pérez

Arquitecta Constructora de la Universidad Nacional de Colombia, Especialista en construcción sostenible de la I. U. Colegio Mayor de Antioquia, y M.Sc. en Ingeniería Civil de la Universidad Federal Fluminense, con enfoque en el desempeño del ambiente construido. Su experiencia profesional se ha enfocado en la gestión y ejecución de obras civiles, principalmente de infraestructura industrial. Cuenta también con experiencia académica e investigativa en temas técnicos, de sostenibilidad, materiales y sistemas constructivos alternativos en la construcción. Actualmente se desempeña como docente de tiempo completo en el programa de Construcciones Civiles de la I.U. Colegio Mayor de Antioquia.

Filiación institucional: Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia

M.Sc. Hernan Dario-Cañola

Profesor de planta, Facultad de Arquitectura e Ingeniería.

Received both the BSc. degree in Architecture in 2010 and the MSc. degree in Building Construction in 2016 from the Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia. Since 2010 he has been working for consulting companies within the civil engineering sector. Currently, he is professor in the Faculty of Architecture, Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia.

Filiación institucional: Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia

M.Sc. Alejandro Arango-Correa

Biotecnólogo de la I.U Colegio Mayor de Antioquia y M.Sc. en Gestión de la innovación tecnológica, cooperación y desarrollo regional del Instituto Tecnológico Metropolitano. Profesional con experiencia en gestión de proyectos de investigación y desarrollos tecnológicos. Consultor en procesos de gestión de la innovación, transferencia tecnológica y de conocimiento. Docente con experiencia en uso de las Tecnologías de la Información y la Tecnología –TIC- para entornos virtuales de aprendizaje. Emprendedor con habilidades creativas, de liderazgo y trabajo en equipo para la construcción de Start-up y Spin-off a partir de base tecnológica y de conocimiento.

Filiación institucional: Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia

Karen Jessenia Venegas-Ocampo

Estudiante en Construcciones civiles de la Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia, Tecnóloga en Obras civiles del Servicio Nacional de Aprendizaje SENA.

Filiación institucional: Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia

Brayan León García-Suárez

Estudiante de Maestría en Ingeniería – Materiales y Procesos de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. Constructor Civil de la I.U. Colegio Mayor de Antioquia.

Filiación institucional: Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín

Prefabricación de mobiliario sustentable usando residuos de construcción, demolición y de madera como materiales alternativos

Resumen

El auge del sector construcción y la compra de propiedad raíz en Colombia, ha ocasionado un aumento considerable en la generación de residuos de construcción y demolición como problemática ambiental. Las principales ciudades de Colombia presentan volúmenes de producción altos de RCD's, Bogotá produce alrededor de 12 millones de m³, Medellín 860.000 m³, Cali 1 millón de m³ anuales y Cartagena 190.000 m³, adicionalmente, en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá el sector de la construcción produce 6.000 toneladas/día de residuos Chica-Osorio & Beltrán-Montoya, (2018); Además, se estima que un 90% de los residuos de demolición que van a los vertederos o zonas no propicias para el reciclaje o reutilización de los mismo, por lo cual, durante los últimos 20 años, el reciclaje de este tipo de desperdicios ha cobrado importancia desde el aspecto socioeconómico en los países. Por lo anterior, este estudio tiene como objetivo desarrollar un prefabricado para mobiliario sustentable que integre paralelamente los residuos de construcción y madera, buscando la disminución de la demanda de los agregados convencionales e incrementando el ciclo de vida de estos desechos en una pieza estética y funcional; articulados del componente vegetal al combinarse plantas ornamentales para mitigar el impacto ambiental. La presente investigación se desarrolló en dos etapas. La primera, permitió describir, a partir de un análisis documental, la implementación de los residuos de construcción y demolición en alternativas de reciclaje o reutilización. La segunda etapa, consistió en el diseño de prototipos de mobiliarios sustentables a partir del uso de residuos de construcción y madera generados por los programas académico de la Facultad de Arquitectura e ingeniería de la Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia. Para concluir, se logra diseñar y construir prototipos prefabricados de mobiliarios sustentables acoplados con plantas ornamentales para el embellecimiento de espacios públicos e institucionales.

Palabras claves: Residuos de demolición y construcción, residuos de madera, prefabricado, sustentabilidad, vegetación.

Sustainable furniture prefabrication using construction, demolition and wood waste as alternative materials.

Abstract

The rise of the construction sector and the purchase of real estate at the national level, has caused a considerable increase in the generation of construction and demolition waste as an environmental problem. The main cities of Colombia present high production volumes of RCD's, Bogotá produces around 12 million m³, Medellín 860,000 m³, Cali 1 million m³ per year and Cartagena 190,000 m³, additionally, in the Metropolitan Area of Valle de Aburrá the sector of construction produces 6,000 tons/day of waste Chica-Osorio & Beltrán-Montoya, (2018); In addition, it is estimated that 90% of demolition waste that goes to landfills or areas not conducive to recycling or reuse thereof, for which, during the last 20 years, the recycling of this type of waste has charged importance from the socioeconomic aspect in the countries. Therefore, this study aims to develop a precast for sustainable furniture that simultaneously integrates construction and wood waste, seeking to reduce the demand for conventional aggregates and increasing the life cycle of these waste in an aesthetic and functional piece ; articulated of the vegetal component when combining ornamental plants to mitigate the environmental impact. The present investigation was developed in two stages. The first allowed to describe, from a documentary analysis, the implementation of construction and demolition waste in recycling or reuse alternatives. The second stage consisted of the design of prototypes of sustainable furniture from the use of construction waste and wood generated by the academic programs of the Faculty of Architecture and engineering of the Colegio Mayor de Antioquia University Institution. To conclude, it is possible to design and build prefabricated prototypes of sustainable furniture coupled with ornamental plants for the beautification of public and institutional spaces.

Keywords: Construction and demolition waste, wood waste, prefabricated, sustainability, vegetation.

Introducción

A medida que la población sigue en crecimiento, también hay un desarrollo de los sectores económicos, y por tanto, un importante aumento del consumo de energía y recursos naturales (Jesus et al., 2019); además, la amplia y compleja cadena productiva de la industria de la construcción es responsable de consumir más materias primas que cualquier otra actividad económica, lo que resulta insostenible para el planeta (Ferreira et al., 2019). Debido a esta situación, es necesario

hacer un cambio desde la economía lineal orientada a “tomar-hacer-desperdiciar” hacia la economía circular impulsada por “reducir-reciclar-reutilizar” (Goyal, 2020).

Relacionando lo anterior, los residuos de construcción y demolición (RCD's) son una problemática a nivel mundial (Contreras et al., 2016); debido a esta situación, durante los últimos años, el sector de la construcción ha buscado estrategias para reducir el consumo de materias primas, generación de residuos, entre otras actividades, (de Oliveira Andrade et al., 2018). Estudios relacionados, han encontrado que los áridos reciclados se pueden emplear en la fabricación de concretos, morteros y cementos, como una alternativa sustentable enfocada a la preservación de los recursos e incrementar el ciclo de vida de los desperdicios, como lo caracterizan Vieira et al. (2020), Etxeberria (2020), & Krour et al. (2020), en sus investigaciones enfocadas a la creación y/o desarrollo de nuevos materiales compuestos con adiciones de materiales no convencionales.

Del mismo modo, la madera es ampliamente implementada como material de construcción tanto a largo plazo como a corto plazo (Kern et al., 2018). Sin embargo, los desechos de madera se generan en cantidades masivas debido al auge de las actividades industriales (Hossain et al., 2018). Los residuos resultantes de la explotación y procesamiento de la madera, cuando se almacena bajo procedimientos no controlados de condiciones ambientales, puede ser una fuente importante de contaminación, generando impactos negativos en el ambiente y en la salud de los seres humanos (Martínez et al., 2018). Bajo esta situación, autores como L. Zhang et al. (2019), Wang et al (2017), Priya et al. (2020), caracterizan diversas alternativas enfocadas a contribuir a la reducción de desechos, mediante la creación de morteros, ladrillos y tableros.

A raíz de las problemáticas asociadas a la producción de residuos en la industria de la construcción, el desarrollo de nuevos proyectos y el constante crecimiento urbano, han provocado que zonas con vegetación sean reemplazadas por edificios y viviendas. Este cambio ha provocado graves daños ambientales como isla de calor, baja calidad del aire atmosférico y alto consumo de energía (Xing et al., 2019; Peng et al., 2020). Las superficies exteriores de los edificios ofrecen la posibilidad de reintroducir vegetación en las ciudades mediante techos verdes y fachadas vegetadas (Ottele et al., 2017). La implementación de los enverdecimientos en las diferentes superficies de las edificaciones han demostrado ser una alternativa ambientalmente amigable como lo caracteriza (Perini et al., 2017), encontrado que una capa de vegetación puede mitigar las temperaturas exteriores y superficiales,

mejorando así el confort térmico y mitigando el fenómeno de isla de calor urbano.

De acuerdo con lo anterior, este estudio tiene como objetivo desarrollar un prefabricado para mobiliario sustentable que integre paralelamente los residuos de construcción y madera, buscando contribuir a la preservación del medio ambiente, disminución de la demanda de los agregados convencionales e incrementando el ciclo de vida de estos desechos en una pieza estética y funcional, adicionalmente, implementando plantas ornamentales como elemento articulador, mostrando así una aplicación adicional de los residuos, para la realización de elementos ligeros, de fácil transporte y ubicación en un espacio institucional o público.

Marcos de referencia

Residuos de demolición y construcción (RCD's). Concepto e implementación en la actualidad.

En investigaciones relacionadas por Tam et al. (2018) se determina que en el mundo se ha realizado una estimación identificando que hasta el 90% de los residuos de demolición que van a los vertederos se pueden reciclar y reutilizar, por lo cual, durante los últimos 20 años, el reciclaje de este tipo de desperdicios ha cobrado importancia desde el aspecto socioeconómico en los países desarrollados y en la presente década, los países en vía de desarrollo están en ese proceso de adaptabilidad frente a esta problemática. Este tipo de residuos son el resultado de demolición de construcciones, puentes, carreteras y RCD generados por desastres naturales, colapsos de estructuras, entre otras, los cuales se dividen en cinco fracciones principales como metal, concreto, fracciones mixtas minerales, maderas, misceláneas y sin clasificar. Sin embargo Contreras et al. (2016) relaciona en su trabajo que los residuos vertidos ilegalmente en zonas urbanas, fuentes hídricas, carreteras y otros lugares no preparados, tienen impactos ambientales y económicos que resultan en problemas financieros para la comunidad y la administración pública, por lo cual, los gobiernos han aprobado nuevas políticas sobre responsabilidades, vertidos y reciclaje de residuos.

A nivel local, en el municipio de Medellín, estudios desarrollados por (Universidad de Medellín, 2015) proyectan una generación promedio de escombros entre los 11.000 a 12.000 m³/mes, además de una producción de RCD's proyectada para el 2027 de aproximadamente 2.7 toneladas. Estas cifras pueden representar una fuente importante para la fabricación de agregados no convencionales para ser aplicados en el diseño de concretos permeables, de alto desempeño y convencionales, reemplazos parciales como material

cementante alternativo y fabricación de morteros como lo reportan (Piña et al., 2019; Sormunen & Kärki, 2019; Yang et al., 2020; Farinha et al., 2016).

Relacionando lo anterior, Etxeberria (2020) clasifica los Agregados Reciclados (en adelante AR) y sus propiedades, destacando que los AR en comparación con los agregados naturales se caracterizan por tener menor densidad, mayor adsorción de agua y menor resistencia mecánica, adicionalmente, los AR son también muy heterogéneos, porosos y pueden contener impurezas que afecta la calidad del concreto cuando estos residuos son empleados. Por otro parte, los AR en función de su composición pueden definirse como agregados concreto reciclado, cerámica o agregados mixtos, sin embargo, estos tres tipos de materiales pueden causar dificultades en el control de la relación de agua/cemento, disminución de la trabajabilidad del concreto fresco, y en consecuencia, influyen en la resistencia y durabilidad del concreto endurecido, no obstante, la porosidad y la capacidad de absorción de agua de los agregados no convencionales funcionan como agente de curado interno, adicionalmente, Ferreira et al. (2019), determinan que los residuos de construcción y demolición son un gran potencial de uso como agregado en obras de construcción, lo que promueve la reducción del consumo de recursos naturales y la disminución de problemáticas relacionados con la generación de residuos.

Así mismo, autores como Kabirifar et al. (2020) & Lederer et al. (2020) establecen que existe una relación directa entre el tamaño de la población y las actividades relacionadas económicas ligadas a la producción de RCD's generada, por lo cual, los principales generadores de RCD's del mundo se encuentran entre las grandes economías como China, Estados Unidos, Australia, entre otros.

Adicionalmente, los cuestionamientos ligados a la producción de RCD's durante las últimas décadas han ganado conciencia de la industria y los investigadores de todo el mundo. A pesar de los muchos esfuerzos realizados en los últimos años, se evalúa que la industria de la construcción se encuentra todavía en sus primeras fases lo cual vuelve complejo el proceso de mejora ambiental mediante el aprovechamiento de residuos. Minimizar la generación de RCD's de manera eficaz y eficiente es un dilema que se encuentran países de todo el mundo. La mayoría de los residuos de construcción y demolición se pueden reutilizar después de las obras de demolición. Del mismo modo, Huang et al. (2018) determinan que la reducción y la reutilización son estrategias efectivas con el fin de ahorrar recursos naturales, proteger el ambiente y optimizar los recursos económicos. Otros beneficios de reutilizar los residuos de construcción están enfocados en mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero y contribuir al cambio climático a nivel mundial, lo anterior mediante

la aplicación del principio de las “3R” (Reducir, Reutilizar y Reciclar). Así mismo, (Lederer et al., 2020) coinciden en que una manera viable de reducir el consumo de recursos naturales es mediante el aprovechamiento de residuos como los RCD's, los cuales traen diversos beneficios a nivela económicos, social y ambiental.

Con relación a lo mencionado, Sormunen & Kärki (2019) describen que el uso de los RCD's podría ser considerado como una alternativa para el mejoramiento de las propiedades físicas de materiales de construcción y de la mejora ambiental; además establecen que el desempeño de estos materiales no convencionales está relacionado a diversos factores como fuente de extracción, estructura interna, adherencia, entre otros aspectos . Sin embargo, el uso de los RCD's como material para nuevos productos se ve obstaculizado por la falta de claridad en normativas con relación a su destino final y clasificación de los residuos; de acuerdo con estos parámetros, si no se implementan directrices y procedimientos claros, las organizaciones de gestión de residuos podrían presentar dificultades con relación al control en la sobreproducción de residuos de demolición y construcción.

Residuos de madera. Concepto e implementación en la actualidad.

La necesidad de implementar los desechos de madera para producir nuevos materiales con la resistencia mecánica requerida y un ciclo de vida superior se ha convertido en un área de interés en el campo de la ciencia de los materiales, caracterizando que algunas de las fuentes de desechos de madera provienen de los residuos municipales, los cuales corresponden a artículos como muebles y embalajes, por otro lado, están los residuos industriales los cuales hacen referencia a los residuos provenientes de fabricantes de productos de madera y materiales de construcción; adicionalmente, los residuos de construcción y demolición que se recuperan de los excedentes de madera estructural que no se pueden utilizar (Shahidul et al., 2020).

El reciclaje de residuos de madera puede disminuir las cargas ambientales mediante la reducción de materiales, agua y energía utilizados en los procesos de producción en comparación a las materias primas. Los residuos de madera reciclada pueden reemplazar las materias primas vírgenes, reducir los gastos de tala y transporte, adicionalmente, se encontró que los productos fabricados a partir de desechos de madera tienen una capacidad de almacenamiento de carbono mayor que el carbono descargado en el proceso de producción, así, el aprovechamiento de residuos madereros contribuyen a la reducción del calentamiento global (Kim & Song, 2014).

Por otro lado Coudert et al. (2013) establecen una disposición final de la madera en dos panoramas; en Norteamérica, los desechos de madera tratada se eliminan con mayor frecuencia en vertederos, mientras que en Europa; la madera tratada se incinera. La opción de eliminación en vertederos es motivo de preocupación por la posible liberación de compuestos inorgánicos y emisiones de gases de efecto invernadero, además, el potencial de deshacerse de residuos de madera tratada en vertederos en el futuro es limitada, ya que los vertederos están alcanzando su capacidad debido a la creciente cantidad de desechos.

Desde una perspectiva más amplia, Garcia & Hora (2017) identificaron en su investigación que las diferentes fuentes de desecho de madera en Alemania provenían de los procesos de demolición y construcción y estos eran utilizados como fuentes de energía en plantas de incineración o simplemente eran eliminados en vertederos. A partir de lo anterior, el gobierno de Alemania reconoció que la eliminación no era suficiente y los recursos debían ser reutilizados, por esta razón, muchos autores comenzaron a estudiar la aplicación de los residuos de la madera en diferentes industrias con la finalidad de aumentar su ciclo de vida y reducir la cantidad de residuos que se depositaban en los vertederos.

Componente botánico. Concepto e implementación en la actualidad.

Los diferentes sistemas de vegetación como las fachadas verdes tienen efectos importantes como reducción de la temperatura interior, retraso en la transferencia de calor y disminución del consumo de energía. Estos sistemas mejoran la calidad del aire al capturar contaminantes como compuestos orgánicos volátiles, proporcionan reducción del ruido, protección de las paredes por la degradación debida a las condiciones ambientales como el sol directo o la lluvia ácida, adicionalmente, mejoran el valor estético de un edificio (Madre et al., 2015).

Los edificios representan más de un tercio del consumo mundial de energía y representan una fuente importante de emisiones de gases de efecto invernadero, por lo tanto, el sector de la construcción tiene el mayor potencial energético para ahorrar. Se estima que entre el 20% y 60% de la energía de calefacción y refrigeración utilizada en los edificios se ve afectada por el diseño y la construcción, destacando la necesidad de que los edificios tengan energía eficiente por medio de la implementación de tecnologías como el cambio de materiales, revestimientos fríos, ventanas inteligentes y sistemas de ecologización vertical como fachadas y paredes verdes, es decir, las fachadas verdes describen el uso de plantas trepadoras para cubrir superficies verticales y se clasifican como directas e indirectas, las fachadas

verdes directas son aquellas en las que las plantas se adhieren directamente a la pared, las fachadas verdes indirectas incluyen una estructura de soporte para la vegetación y las paredes verdes son diseñadas con paneles pre-plantados, módulos verticales o mantas plantadas que se fijan verticalmente a la superficie para permitir el crecimiento de las plantas en las paredes (L. Zhang et al., 2019). Como consecuencia de lo anterior Medl et al. (2017) establecen en su trabajo que uso de sistemas de ecologización vertical y techos verdes está aumentando constantemente debido al hecho de que el impacto ambiental de los edificios en el clima interior y exterior se hace cada vez más evidente, por lo cual, los edificios verdes hoy en día son diseñados con el fin de brindar soluciones sostenibles en la mitigación de impactos significativos con relación a las acciones de deterioro ambiental pertenecientes al sector de la construcción sobre el medio ambiente, la sociedad y la economía.

Materiales y Métodos

Esta investigación de tipo cualitativa y cuantitativa se desarrolla en dos etapas, las cuales responde al objetivo principal de este estudio. La primera etapa consiste en una búsqueda documental sobre la implementación de residuos de construcción y demolición como material aprovechable en la fabricación de concretos, morteros y materiales cementantes alternativos, analizando sus características mecánicas y diversas aplicaciones desarrolladas en otras investigaciones. Por otra parte, se realiza la búsqueda documental enfocada en los residuos generados a partir de la madera, identificando las aplicaciones no convencionales reportadas en diversos estudios y adicionalmente, la caracterización de las plantas ornamentales como elemento articulador en el campo de la construcción. La segunda etapa consiste en la fabricación de un prototipo con vegetación en el cual, se implementa paralelamente los residuos de construcción y demolición para la fabricación del concreto a utilizar, los residuos de madera fueron implementados como componente para unir piezas y el componente vegetativo como componente ambiental y ornamental.

Resultados y Discusiones

ETAPA I

Búsqueda documental sobre la implementación de residuos de construcción y demolición como material alternativo en la actualidad.

La intensa velocidad de la producción de los RCD's y el crecimiento de la población, son dos factores que influyen en la generación de este tipo de

residuos y así, en el consumo de energía, agotamiento de los recursos naturales no renovables, lo cual ha caracterizado a la industria de la construcción como uno de los principales responsables de los impactos directos en el medio ambiente generados a partir de actividades como la demolición, además, ha colocado a los países desarrollados y en vía de desarrollo en procesos de implementación de alternativas enfocadas a la sostenibilidad, relacionando los objetivos de la agenda 2030 con el objetivo de que América Latina y el Caribe tenga una nueva hoja de ruta enfocada al desarrollo sostenible (Jesus et al., 2019; Kabirifar et al., 2020; Naciones Unidas, 2018). Algunos objetivos establecidos en la agenda como son las ciudades y comunidades sostenibles y la producción y consumo responsables muestran una oportunidad de implementación de los residuos generados en las obras, sin embargo, todavía se presentan retos para llegar a un aprovechamiento total de este tipo de materiales por diversos factores como separación errada de los residuos, desconocimiento de propiedades y usos no convencionales.

Investigadores como Krouer et al. (2020) caracterizaron la incorporación de agregados reciclados en las harinas crudas del cemento mediante técnicas de caracterización especializada como aplicación complementaria de los RCD's como alternativa a la preservación de los recursos naturales, determinando los porcentajes óptimos de incorporación, de modo similar De Rossi et al. (2019), relacionan la producción de morteros geo polimerizados y el efecto de la sustitución de arena por RCD's y la influencia del rango de tamaño de partícula de estos agregados no convencionales finos sobre las propiedades en estado plástico y endurecido de los morteros, de igual forma, el estudio desarrollado por Ferreira et al. (2019), evaluó los efectos de morteros con ausencia y presencia de polvo de contenido de ladrillo en las propiedades físicas, mecánicas y de susceptibilidad, adicionalmente Vieira et al. (2020) analizaron la influencia de los RCD's y cenizas volantes en concretos permeables.

Relacionando lo anterior, el uso de los RCD's como material alternativo sustentable ha sido tema de estudio en la actualidad, como se muestra en la Tabla 1. Los autores implementaron diversos campos de aplicación desde la evaluación de la viabilidad de la inclusión de partículas de granulometría fina, estudiando la interacción de los cementos convencionales con RCD'S como materiales cementantes alternativos, analizando microestructuralmente la unión de estas partículas, hasta la evaluación macroestructural de los residuos por medio de la fabricación morteros y concretos verdes.

Tabla 1

Investigaciones en las cuales relacionan propiedades de los RCD's en el desarrollo de cementos, morteros y concretos alternativos

Tabla 1. Investigaciones en las cuales relacionan propiedades de los RCD's en el desarrollo de cementos, morteros y concretos alternativos.

Autor.	Objeto de estudio.	Publicación.
(Azevedo et al., 2020)	Morteros con agregados no convencionales.	Análisis de la compactación y propiedades en estado endurecido de morteros con reciclaje de agregados de construcción y demolición.
(Bravo et al., 2017)	Concretos con agregados no convencionales + superplastificantes.	Eficiencia de superplastificantes en las propiedades mecánicas de agregados de concreto reciclado: Influencia de la composición y la relación de incorporación de agregados reciclados.
(Bedoya et al., 2019)	Concretos alternativos + fibras + materiales cementantes no convencionales.	Aplicación de concreto sustentable en la fabricación de mobiliario urbano universitario.
(Colangelo & Cioffi, 2017)	Morteros con alto contenido de agregados no convencionales.	Propiedades mecánicas y de durabilidad de morteros que contienen una fracción de agregado fino de residuos de demolición producido por selección de demolición en el sur de Italia.
(Contreras et al., 2016)	Ladrillos fabricados con agregados no convencionales.	Reciclaje de agregados de construcción y demolición para la producción de un nuevo material de construcción (Caso de estudio - Brasil).
(de Oliveira Andrade et al., 2018)	Morteros producidos con dos tipos de agregados reciclados.	Evaluación de las propiedades mecánicas y de carbonatación de morteros producidos con residuos de construcción y demolición.
(De Rossi et al., 2019)	Morteros con ceniza volante y agregados finos de RCD's.	Efecto del tamaño de partícula de los agregados de construcción y demolición en el estado fresco y endurecido de morteros de ceniza volante geo poliméricos con reemplazo total de arena.
(Dimitriou et al., 2018)	Morteros con agregados no convencionales.	Mejora de las propiedades mecánicas y de durabilidad de agregados reciclados de concreto.
(Etxeberria, 2020)	Concretos HPC con adición de diferentes agregado reciclados.	La sustentabilidad de concretos usando agregados reciclados (AR) para concreto de alto rendimiento.
(Ferreira et al., 2019)	Morteros con agregados finos no convencionales.	El rol del contenido de polvo de agregados reciclados de RCD's en el comportamiento de morteros para mampostería.
(Göswein et al., 2018)	Influencia del transporte en la utilización de agregados no convencionales como material para la construcción.	¿Asuntos de transporte? ¿Sí? Comparación basada en el GIS en contrapartida ambiental de concretos mezclados con cemento, ceniza volante, agregados naturales y reciclados.
(Ibrahim et al., 2020)	Concretos y morteros con adición de agregados no convencionales.	Características hidráulicas y de resistencia de concretos permeables con contenido de alto contenido de residuos de construcción y demolición como agregados.
(Kumar, 2017)	Influencia de agregados no convencionales en pavimento de concreto.	Influencia del agregado grueso reciclado derivado de los residuos de construcción y demolición en la resistencia a la abrasión de pavimento de concreto.
(Lima et al., 2010)	Concretos livianos con agregados no convencionales.	Concreto liviano reciclado hecho de residuos industrial del calzado y los RCD's.
(Martínez et al., 2018)	Mortero con agregados finos no convencionales.	Influencia de las partículas finas de residuos de construcción en las propiedades de los agregados reciclados en morteros de albañilería.
(Panizza et al., 2020)	Desarrollo de productos para la construcción a partir de agregados no convencionales.	Caracterización física-mecánica y optimización de geo polímeros con residuos de construcción y demolición RCD's para productos de la construcción.
(Piña et al., 2019)	Fibras no convencionales para el reforzamiento de las matrices cementantes.	Análisis del comportamiento mecánico de cemento para morteros con aditivos de fibras de lana mineral proveniente de los RCD's.

Autor.	Objeto de estudio.	Publicación.
(Silva et al., 2016)	Revisión sobre la aplicación de agregados no convencionales en morteros.	Rendimiento de morteros de mampostería y morteros de albañilería con contenido de agregado reciclados proveniente de los residuos de construcción y demolición.
(Tam et al., 2018)	Revisión sobre aplicación de RCD's en la actualidad.	Una revisión de la aplicación de agregados reciclados en concreto (2000-2017).
(Vieira et al., 2020)	Estudio sobre nuevo materiales cementantes alternativos + cemento.	Influencia del reemplazo de los agregados reciclados y ceniza volante en el rendimiento de mezclas de concreto permeable.
(Yap et al., 2020)	Campos de implementación de los RCD's.	Reciclaje de materiales de construcción y demolición de residuos en materiales renovables de construcción.
(J. Yang et al., 2011)	Concretos con adición de agregados no convencionales.	Concreto con agregado de concreto reciclado y ladrillo de arcilla triturada.
(D. Yang et al., 2020)	Concretos celulares liviano + agregados no convencionales.	Propiedades de concretos celulares que contienen polvo de ladrillo cerámico proveniente de residuos de construcción y demolición.

Fuente. Elaboración propia.

Caracterización de propiedades mecánicas relacionando los residuos de construcción y demolición como agregados.

La adición de los residuos demolición y construcción son un tema que en la actualidad han presentado un amplio campo de aplicación donde diversos autores reportan los resultados favorables desde los análisis microestructurales realizados entre la unión de fibras no convencionales con la matriz cementante y los análisis macroestructurales en los cuales se evalúan las propiedades en estado plástico y endurecido de pastas, morteros, concretos mostrando dosificaciones, métodos, tipos de residuos y procedencia de estos como lo reportan (Cantero et al., 2020; Pacheco et al., 2019; Sáez del Bosque et al., 2020).

Los ensayos de las propiedades mecánicas a compresión y tracción en concretos muestran un patrón similar en lo reportado por los autores, en el cuál a mayor reemplazo de RCD's, el comportamiento mecánico es afectado, Bravo et al. (2018) caracterizan este fenómeno el cual está relacionado a factores intrínsecos de los RCD's como porosidad, deformaciones, residuos viejos de morteros y contenido de materiales defectuosos, por otra parte, Sáez del Bosque et al. (2020), exponen que los agregados no convencionales como residuos de tejas y bloques cerámicos y morteros adheridos con agregados viejos, muestran menor densidad que los agregados naturales y mayor adsorción y por ende, disminución del esfuerzo en las muestras evaluadas, adicionalmente Alexandridou et al. (2018) coinciden en que los valores del comportamiento mecánico se reducen cuando el contenido de reciclaje aumenta, debido al incremento de la porosidad de las mezclas, concluyendo que los agregados reciclados reducen la durabilidad de los concretos endurecidos. Sin embargo, Cantero et al. (2020) encontraron que la adición de RCD's en concretos indujo una disminución de la rotura a la tracción a los 28 días, lo cual está relacionado

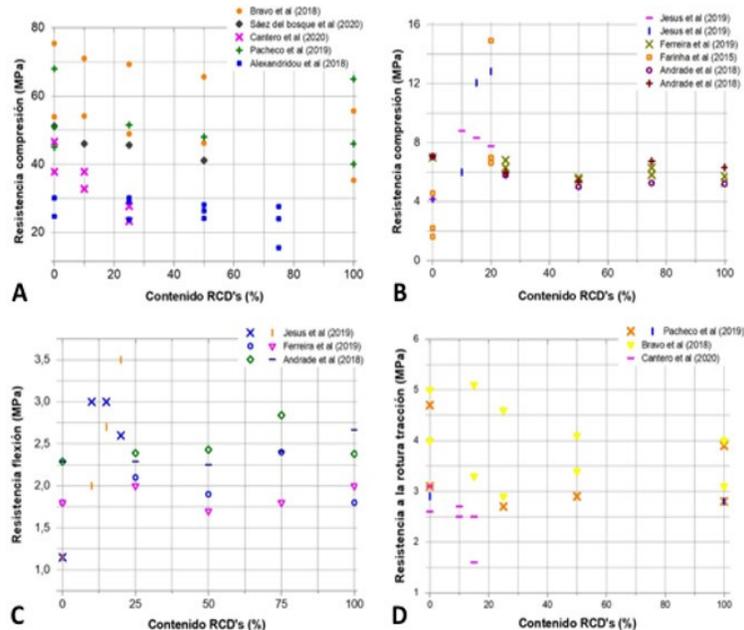
a presencia de porosidad y por lo tanto, a una menor resistencia del concreto.

Los ensayos de las propiedades mecánicas a compresión y flexión en morteros evidencian un patrón semejante en reemplazos de RCD's desde el 0% hasta el 20%, el comportamiento mecánico es semejante e incrementa con respecto a la muestra control. Sin embargo, cuando se incrementa el reemplazo de RCD's por encima del 20%, el comportamiento mecánico es favorable. Autores como Ferreira et al. (2019) encontraron menor densidad aparente de los morteros en estado plástico, observándose que la resistencia a la compresión y la flexión no siguen una tendencia lineal de disminución, coincidiendo con el estudio de Oliveira Andrade et al. (2018), adicionalmente, Jesus et al. (2019) reportan que, efectivamente las propiedades evaluadas en su trabajo a compresión y flexión en porcentajes del 0% al 20% de áridos finos reciclados proporcionó un mejor rendimiento mecánico con respecto a la muestra control ya que los agregados finos llenan los vacíos entre los agregados de la arena, aumentando la compacidad de los morteros y en consecuencia, presentaron mayor resistencia mecánica.

De acuerdo con lo anterior, en la figura 1, se evidencia los estudios realizados en la evaluación de las propiedades mecánicas a la compresión, flexión y tracción con ausencia y presencia de RCD's.

Figura 1

Evaluación propiedades mecánicas a los 28 días a) Resistencia compresión concretos, b) Resistencia compresión morteros, c) Resistencia flexión morteros, d) Resistencia rotura tracción concretos



Fuente. Elaboración propia.

Búsqueda documental enfocada en los residuos generados a partir de la madera.

El aumento de la demanda y el agotamiento de los recursos naturales en el mundo requieren la sustitución de materiales convencionales Priya et al. (2020), la madera es un material que generalmente es temporal y representa un gran porcentaje de los residuos de la construcción, debido a que generalmente se desecha con un mínimo porcentaje de reutilización o reciclado, dado que la eliminación de madera en vertederos podría resultar en emisiones de metano y/o lixiviado de componentes peligrosos que contaminan el agua o el suelo (Kern et al., 2018).

De acuerdo con S. Zhang et al. (2020), la madera ha sido ampliamente implementada en la industria de la construcción como un material tradicional para encofrados, andamios, paredes, techos, entre otros, debido a características como bajo costo, baja densidad y propiedades mecánicas favorables, sin embargo, la cantidad de desechos de madera que se producen, como desechos de aserrín, virutas, entre otros, genera desperdicio de recursos naturales y preocupaciones ambientales, por lo cual, la implementación de este tipo de residuos dentro del campo de la construcción no solo minimizaría los desechos sino que también mejora la sustentabilidad desde el punto de vista ambiental y económico.

Relacionando lo anterior, Hossain et al. (2018), implementan los residuos de la madera en la fabricación de tableros de cemento, mostrando resultados favorables en la resistencia física y estabilidad, adicionalmente señalando que esta propuesta tecnológica presenta una gestión práctica y ecológica como opción para los residuos de madera de construcción, por otra parte, S. Zhang et al. (2020) realizan una sustitución de materiales convencionales por residuos de fibras de madera de álamo, mostrando que la implementación de este tipo de fibras en el desarrollo de ladrillos de madera ligeros son amigables con el medio ambiente y resistentes a fenómenos a compresión, de igual forma, Priya et al. (2020) estudian reemplazos parciales de polvo de aserrín por agregado fino en un mortero, mostrando resultados favorables en cuanto a fenómenos de esfuerzos con adiciones al 5%, concluyendo que el polvo de aserrín es una alternativa para la fabricación de productos ecológicos, livianos, entre otras características, adicionalmente, Chanhoun et al. (2018), proponen un proceso para reciclar residuos de madera, poliestireno y plásticos para la creación de un material compuesto a partir de estos residuos, los cuales se enfocan en la fabricación de paneles y tableros de madera, mediante la evaluación de propiedades físicas y mecánicas con el objetivo de caracterizar la superficie que mejor se adapte al material.

De acuerdo con lo anterior, en la tabla 2, se identifican las aplicaciones de los residuos provenientes de la madera en la fabricación de materiales con sustituciones parciales y/o totales de materiales convencionales.

Tabla 2

Investigaciones en las cuales relacionan la implementación de residuos de madera como material alternativo

Autor	Objeto de estudio.	Publicación.
(Cetiner & Shea, 2018)	Aplicaciones no convencionales de los residuos de madera en edificios.	Residuos de madera como aislante térmico alternativo para edificios.
(Corinaldesi et al., 2016)	Morteros aligerados que contienen residuos de madera.	Caracterización de morteros ligeros que contienen residuos de subproductos de la elaboración de la madera.
(Faraca et al., 2019)	Análisis sobre los desechos de la madera.	Calidad de los recursos de los desechos de madera: La importancia de las impurezas físicas y químicas en los desechos de madera para el reciclaje.
(He et al., 2019)	Concretos HPC celular + fibra de madera recicladas y polvo de caucho.	Estudio experimental del concreto celular auto-clavado de alto rendimiento producido con fibra de madera reciclada y polvo de caucho.
(Hossain et al., 2018)	Residuos de madera para fabricar tableros.	Estudio de viabilidad ambiental y técnica de reciclaje de desechos de madera en tableros de partículas adheridos con cemento.
(Hossain & Poon, 2018)	Estudio emisiones de gases contaminantes en la gestión de los desechos de madera.	Comparación de la ECV de las estrategias de gestión de los desechos de madera generados por las actividades de construcción de edificios.
(Kern et al., 2018)	Estimación de madera generada bajo modelo estadístico.	Factores que influyen en la generación temporal de residuos de madera en la construcción de edificios de gran altura.
(Berger et al., 2020)	Adición de residuos de madera para la fabricación de tableros.	El potencial de reciclaje de los residuos de madera en compuestos de madera-lana-cemento.
(Martínez-López et al., 2020)	Tableros compuestos por desechos industriales para evaluar resistencias mecánicas.	Producción de compuesto de madera y plástico utilizando desechos de aserrín de Cedrela Odorata (cedro) y mezcla de termoplásticos reciclados y productos posconsumo. Un enfoque sostenible para una producción más limpia en Cuba.
(Priya et al., 2020)	Morteros con adición de aserrín en polvo.	Estudio experimental de mortero como reposición con aserrín en polvo y GGBS.
(Ratajczak et al., 2015)	Uso potencial de los residuos de la madera.	Recursos de residuos de madera posconsumo procedentes del sector de la construcción en Polonia.
(Shahidul et al., 2020)	Estado del arte sobre la aplicación de residuos de madera.	Reciclaje de recursos de desecho para lograr la sostenibilidad económica y ambiental: Revisión sobre la industria de desechos de madera.
(Usman et al., 2018)	Sistemas cementosos + residuos de madera.	Pastas de cemento autocompactantes ecológicas que incorporan residuos de madera como reemplazo del cemento: Un estudio de viabilidad.
(Wang et al., 2016)	Desarrollo de una tecnología viable para reciclar madera.	Reciclaje de valor agregado de residuos de construcción de madera en tableros de partículas con aislamiento térmico y acústico.
(S. Zhang et al., 2020)	Ladrillos aligerados con residuos de madera.	Mecanismos de síntesis en ladrillo de biomasa ligera de fibra de álamo residual.

Fuente. Elaboración propia.

Búsqueda documental enfocada en la implementación de plantas ornamentales en construcción y arquitectura.

La reducción del espacio verde urbano y el alto consumo de energía es un problema causado por el problema de urbanización, por lo cual, los espacios verdes tienen influencia en el microclima urbano como es el caso de la vegetación urbana (Xing et al., 2019).

Autores como Wilkinson et al. (2017) han implementado sistemas de vegetación en superficies como techos y paredes verdes como alternativa sustentable para mejorar el rendimiento frente a factores como temperatura. El efecto de enfriamiento de los techos verdes puede considerarse una solución eficaz para la mejora de las condiciones climáticas locales y la mitigación del clima global y posteriormente reducir la energía necesaria para enfriar el edificio y posteriormente reducir emisiones de gases de efecto invernadero relacionadas con la construcción.

Relacionando lo anterior, (L. Zhang et al., 2019) en sus estudios identifican que los fenómenos asociados a la cobertura de vegetación y tamaño de hojas en el desempeño térmico-ecológico en construcciones contemporáneas mejoran la calidad de los ambientes térmicos interiores y exteriores. De igual forma, Li et al. (2019) identificaron que la influencia de la temperatura en un sistema de fachada verde en climas cálidos y húmedos. El efecto del espesor del follaje influyó en la reducción de temperatura durante el día y la noche con respecto a una pared sin vegetación, estableciendo que un espesor de follaje de 19.8 cm tiene el rendimiento térmico más adecuado debido a una transferencia de calor convectiva más fuerte entre la superficie envolvente y las hojas de la planta. Adicionalmente, Manso et al. (2020) determinan que la ecologización del entorno urbano puede ser una estrategia importante para abordar los problemas de densificación urbana y cumplir con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas. Infraestructuras verdes, como techos y muros, tienen múltiples beneficios ambientales, sociales y económicos, que mejoran el rendimiento de los edificios y el entorno urbano, sin embargo, la implementación de techos y muros verdes equilibran a largo plazo las inversiones económicas iniciales.

Tabla 3

Investigaciones en las cuales relacionan la implementación de plantas y vegetación

Autor	Objeto de estudio.	Publicación.
(Shafiee et al., 2020)	Panel verdes con vegetación local.	Evaluación del efecto de los sistemas de muros vivos en la mejora del fenómeno de las islas de calor urbano.
(Pérez, Coma, Sol, & Cabeza, 2017)	Sistemas verticales de vegetación. (Fachadas de doble piel).	Fachada verde para el ahorro de energía en los edificios: La influencia del índice de área foliar y la orientación de la fachada en el efecto de sombra.
(Elsadek et al., 2019)	Fachadas vegetativas como alternativa al bienestar.	Fachadas verdes: Su contribución a la recuperación del estrés y al bienestar en ciudades de alta densidad.
(Charoenkit et al., 2020)	Cobertura vegetal y tamaño de hojas en el rendimiento térmico de paredes vivas.	Características de la planta y el potencial de las paredes vivas para reducir la temperaturas y secuestrar carbono.
(Mårtensson et al., 2016)	Sistemas de muros vegetativos en zonas urbanas.	Explorando el uso de plantas perennes comestibles y de hoja perenne en sistemas de paredes vivas en el clima escandinavo.
Giordano et al., 2017	Fachadas vegetativas y paredes vivas. (Conceptos).	Sistemas de paredes vivas: Una propuesta de estándar técnica.
(Thomsit-Ireland et al., 2020)	Influencia de varias plantas en el desempeño de una fachada en el verano e invierno.	El impacto de la fachadas verdes y la cubierta vegetativa en la temperatura y la humedad relativa dentro de los edificios modelo.

Autor	Objeto de estudio.	Publicación.
(Perini et al., 2017)	Rendimiento de sistemas de ecologización vertical en el clima mediterráneo.	El uso de sistemas de ecologización vertical para reducir la demanda de energía para el aire acondicionado. Seguimiento de campo en clima mediterráneo.
(Ottelé & Perini, 2017)	Estudio comportamiento térmico de vegetación en edificio.	Enfoque experimental comparativo para investigar el comportamiento térmico de fachadas verdes verticales de edificios.
(Morakinyo et al., 2019)	Vegetación en fachadas.	Beneficios térmicos del enverdecimiento vertical en una ciudad de alta densidad: estudio de caso de Hong Kong.
(Xing et al., 2019)	Aislamiento térmico evaluado por sistema de enverdecimiento vertical.	Investigación experimental sobre el comportamiento térmico de un sistema de enverdecimiento vertical con techo verde en climas húmedos y fríos durante el invierno.
(Ling & Chiang, 2018)	Propuesta sobre diseño de prototipos con vegetación vertical.	Bienestar, salud y coherencia urbana: Enfoque ecológico vertical hacia la resiliencia: una consideración de prácticas de diseño.
(Rosasco & Perini, 2018)	Análisis costo-beneficio de sistema ecológico vertical.	Evaluación de la sostenibilidad económica de un sistema de ecologización vertical: un análisis de coste-beneficio de un proyecto político en la zona mediterránea.
(Rupasinghe & Halwatura, 2020)	Implementación de vegetación en superficies verticales.	Beneficios de implementar el enverdecimiento vertical en climas tropicales.
(Šuklje et al., 2019)	Modelamiento de sistema de vegetación vertical.	Un enfoque de modelado inverso para el modelado de respuesta térmica de fachadas verdes.
(Peng et al., 2020)	Enfriamiento de fachadas por medio de vegetación.	Efectos de enfriamiento de la ecologización de fachadas a escala de bloques y su relación con la forma urbana.
(Tiwary et al., 2018)	Evaluación de fachadas vegetadas,	Evaluación de campo del potencial de interceptación de precipitaciones de fachadas verdes.

Fuente. Elaboración propia.

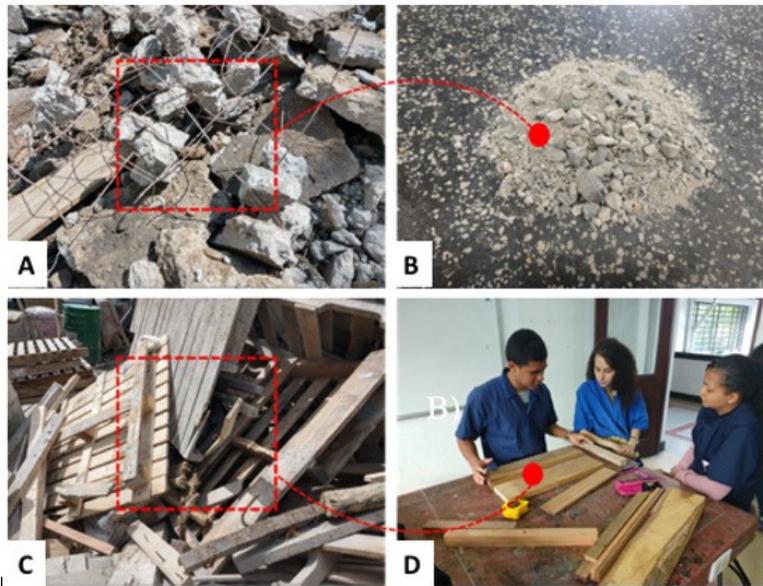
ETAPA II

Fabricación de un prototipo con vegetación

Como propuesta para este proyecto, se desarrolló un prototipo de mueble de manera conjunta con estudiantes de la Institución universitaria Colegio Mayor de Antioquia, pertenecientes a la especialización en construcción sostenible y la carrera de Arquitectura; para esta propuesta se implementaron RCD (Residuos de demolición y construcción) y diferentes tipologías de maderas recicladas con densidades superiores a los 450kg/m³ (ver figura 2); las tipologías de maderas utilizadas con sus respectivas densidades y contenidos de humedad de equilibrio se muestran en la tabla 4.

Figura 2

a) Residuos de demolición y construcción, b) Procesamiento de residuos de concreto, c) Residuos de madera, d) Caracterización de madera y procesamiento



Fuente. Elaboración propia.

Tabla 4

Densidades de las maderas reutilizadas y contenido de humedad de equilibrio

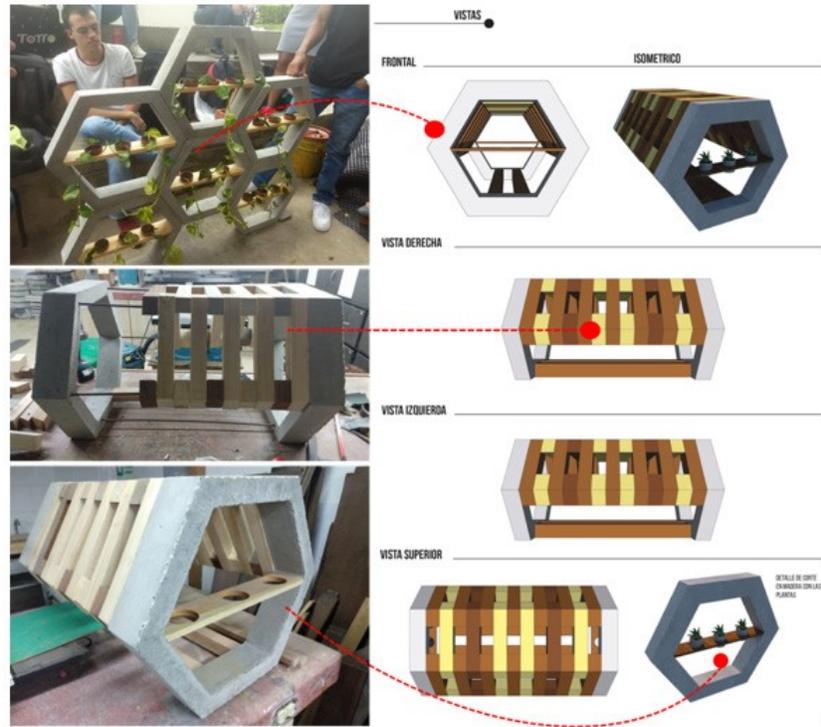
Tipo de madera	Densidad kg/m ³	Contenido de humedad de equilibrio (%)
Pino	480	13
Choibá	860	12
Abarco	715	13
Sápan	960	11
Teca	620	12

Fuente. Elaboración propia.

El concreto reciclado utilizado presenta una densidad de 1950kg/m³, correspondiente a una dosificación 1:2:3 y una relación a/c 0.5. Para la propuesta de diseño y construcción se estableció que el prototipo a desarrollar debía ser liviano con una forma que facilitara su transporte y ubicación en un espacio institucional universitario o público, debido a lo anterior, se optó por una forma poligonal como se muestra en la figura 3, donde sus componentes laterales corresponden a elementos poligonales prefabricados en concreto reciclado con plantas y su estructura de base compuesta de elementos en madera reciclada, estos interconectados entre sí por varillas de acero corrugado de 0.0125m de diámetro y longitud de 1m, anclados a la estructura lateral de concreto mediante el uso de una resina epóxica.

Figura 3

a) Prefabricados en concreto poligonales, ensamble y unión de materiales, soporte vegetal y vistas de diseño



Fuente. Elaboración propia.

Conclusiones

Este estudio relacionado a la aplicación de residuos de demolición y construcción y madera para la elaboración de un prefabricado con vegetación determino lo siguiente.

Los agregados no convencionales procedentes de los residuos de construcción y demolición (Ver figura 2a-b), son una alternativa sustentable enfocada a minimizar el encarecimiento de los agregados naturales y el agotamiento de los mismos, por tal motivo, autores como (De Rossi et al. (2019), Ibrahim et al. (2020) & Vieira et al. (2020)), plantean la incorporación de agregados reciclados para el desarrollo de materiales cementantes alternativos, morteros y concreto, bajo parámetros como dosificación, caracterización mineralógica, evaluaciones de propiedades mecánicas y de durabilidad, poder explicar la interacción y los fenómenos asociados en ausencia y presencia de estos agregados. Sin embargo, Huang et al. (2018) describe que países desarrollados y en vía de desarrollo caracterizan que la industria de la construcción

todavía está en el proceso de aliviar la carga ambiental generada a raíz de los RCD's.

La caracterización de las propiedades mecánicas de residuos de construcción y demolición implementados como agregados muestran un amplio campo de aplicación de acuerdo con lo reportado en las investigaciones citadas en este estudio (Ver tabla 1). Autores como Sáez del Bosque et al. (2020) & Cantero et al. (2020), coinciden en que los valores del comportamiento mecánico se ven afectado por diversos factores como procedencia, tipo de residuo, densidad, absorción, entre otras características; por otro lado, Bravo et al. (2018), explican que la reducción del comportamiento mecánico está asociado a factores intrínsecos de los RCD's como porosidad y deformaciones. Adicionalmente, Jesus et al. (2019) determinan mejores comportamientos con agregados finos reciclados, ya que fortalece la compacidad en morteros y en consecuencia, presentaron mayor resistencia mecánica, por lo cual es importante caracterizar propiedades físicas, mecánicas, mineralógicas y de procedencia de los agregados, con el objetivo de relacionar esta información con lo reportado en las investigaciones y determinar tamaño de partícula y agregado adecuado que se ajuste a los requerimientos establecidos en cada estudio.

La madera es un producto temporal y considerado como material tradicional en las labores constructivas como paredes, techos, encofrado S. Zhang et al., (2020). Sin embargo, este es desechado con un mínimo porcentaje de reutilización o reciclado generando preocupaciones por la posible liberación de gases contaminantes en el ambiente Coudert et al., (2013). De acuerdo con lo anterior, se evidencia la necesidad de ejecutar estudios relacionados con la presencia y ausencia de residuos provenientes de la madera como materiales no convencional para la producción de nuevos materiales que física y mecánicamente cumplan los requerimientos establecidos en los proyectos de construcción, por esta razón, las investigaciones citadas en este estudio (ver tabla 2) caracterizan un campo de aplicación no habitual de los residuos de la madera como aserrín o viruta como material alternativo para la fabricación de tableros termoacústicos, aislantes térmicos alternativos, morteros, entre otros.

El componente botánico en la construcción ha sido implementado en fachadas, paredes y cubiertas como aspecto articulador enfocado a la sostenibilidad por los beneficios ambientales y estéticos que generan este tipo de sistemas. Wilkinson et al. (2017) & L. Zhang et al. (2019), coinciden en la viabilidad de emplear el componente vegetal como alternativa sustentable para la mejora de las condiciones climáticas locales, mitigación del clima global, entre otras características. En las investigaciones analizadas en este estudio (ver tabla 3), el componente vegetal

permite crear estrategias enfocadas a la recuperación del bienestar en ciudades de alta densidad, enfriamiento de fachadas, reducción de consumo energético tal como lo reportan Peng et al. (2020) entre otros autores.

El desarrollo del prefabricado a partir de residuos de construcción y demolición, y madera más la implementación de plantas ornamentales como elemento articulador de tipo estético, permite exhibir un producto donde se puede implementar diferentes aspectos como el uso de diseño ligero que facilite el transporte y ubicación en un espacio de tipo institucional o público (ver figura 3). El desarrollo de este tipo de prototipo de mueble permite demostrar una aplicación adicional de los residuos en la creación de elementos no estructurales, evidenciando así el incremento del ciclo de vida de materiales residuales, lo cual contribuye al cuidado de los recursos naturales.

Referencias

- Alexandridou, C., Angelopoulos, G. N., & Coutelieris, F. A. (2018). Mechanical and durability performance of concrete produced with recycled aggregates from Greek construction and demolition waste plants. *Journal of Cleaner Production*, 176(2018), 745–757. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.081>
- Azevedo, A. R. G., Cecchin, D., Carmo, D. F., Silva, F. C., Campos, C. M. O., Shtrucka, T. G., ... Monteiro, S. N. (2020). Analysis of the compactness and properties of the hardened state of mortars with recycling of construction and demolition waste (CDW). *Journal of Materials Research and Technology*, 9(3), 5942–5952. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2020.03.122>
- Bedoya, M., Rivera, F., Rico, M., Vélez, D., Urrego, A., & Hernandez, S. (2019). Sustainable Concrete Application in the Manufacture of University Urban Furniture. *MATEC Web of Conferences*, 303(2019), 05001. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201930305001>
- Berger, F., Gauvin, F., & Brouwers, H. J. H. (2020). The recycling potential of wood waste into wood-wool/cement composite. *Construction and Building Materials*, 260, 119786. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119786>
- Bravo, M., de Brito, J., Evangelista, L., & Pacheco, J. (2017). Superplasticizer's efficiency on the mechanical properties of recycled aggregates concrete: Influence of recycled aggregates composition and incorporation ratio. *Construction and Building Materials*, 153, 129–138. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.07.103>
- Bravo, M., de Brito, J., Evangelista, L., & Pacheco, J. (2018). Durability and shrinkage of concrete with CDW as recycled aggregates: Benefits from superplasticizer's incorporation and influence of CDW composition. *Construction and Building Materials*, 168, 818–830. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.02.176>
- Cantero, B., Bravo, M., de Brito, J., Sáez del Bosque, I. F., & Medina, C. (2020). Mechanical behaviour of structural concrete with ground recycled concrete cement and mixed recycled aggregate. *Journal of Cleaner Production*, 275, 122913. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122913>

- Cetiner, I., & Shea, A. D. (2018). Wood waste as an alternative thermal insulation for buildings. *Energy and Buildings*, 168, 374–384. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.03.019>
- Chanhoun, M., Padonou, S., Adjovi, E. C., Olodo, E., & Doko, V. (2018). Study of the implementation of waste wood, plastics and polystyrenes for various applications in the building industry. *Construction and Building Materials*, 167, 936–941. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.02.080>
- Charoenkit, S., Yiemwattana, S., & Rachapradit, N. (2020). Plant characteristics and the potential for living walls to reduce temperatures and sequester carbon. *Energy and Buildings*, 225, 110286. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.110286>
- Chica-osorio, L. M., & Beltrán-montoya, J. M. (2018). Demolition and construction waste characterization for potential reuse identification. *DYNA*, 85(206), 338–347.
- Colangelo, F., & Cioffi, R. (2017). Mechanical properties and durability of mortar containing fine fraction of demolition wastes produced by selective demolition in South Italy. *Composites Part B: Engineering*, 115, 43–50. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2016.10.045>
- Contreras, M., Teixeira, S. R., Lucas, M. C., Lima, L. C. N., Cardoso, D. S. L., da Silva, G. A. C., ... dos Santos, A. (2016). Recycling of construction and demolition waste for producing new construction material (Brazil case-study). *Construction and Building Materials*, 123, 594–600. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.07.044>
- Corinaldesi, V., Mazzoli, A., & Siddique, R. (2016). Characterization of lightweight mortars containing wood processing by-products waste. *Construction and Building Materials*, 123, 281–289. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.07.011>
- Coudert, L., Blais, J. F., Mercier, G., Cooper, P., Gastonguay, L., Morris, P., ... Reynier, N. (2013). Pilot-scale investigation of the robustness and efficiency of a copper-based treated wood wastes recycling process. *Journal of Hazardous Materials*, 253, 277–285. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2013.07.035>

- de Oliveira Andrade, J. J., Possan, E., Squiavon, J. Z., & Ortolan, T. L. P. (2018). Evaluation of mechanical properties and carbonation of mortars produced with construction and demolition waste. *Construction and Building Materials*, *161*, 70–83. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.11.089>
- De Rossi, A., Ribeiro, M. J., Labrincha, J. A., Novais, R. M., Hotza, D., & Moreira, R. F. P. M. (2019). Effect of the particle size range of construction and demolition waste on the fresh and hardened-state properties of fly ash-based geopolymer mortars with total replacement of sand. *Process Safety and Environmental Protection*, *129*, 130–137. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2019.06.026>
- Dimitriou, G., Savva, P., & Petrou, M. F. (2018). Enhancing mechanical and durability properties of recycled aggregate concrete. *Construction and Building Materials*, *158*, 228–235. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.09.137>
- Elsadek, M., Liu, B., & Lian, Z. (2019). Green façades: Their contribution to stress recovery and well-being in high-density cities. *Urban Forestry and Urban Greening*, *46*(April), 126446. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2019.126446>
- Etxeberria, M. (2020). The suitability of concrete using recycled aggregates (RAs) for high-performance concrete. In *Advances in Construction and Demolition Waste Recycling*. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-819055-5.00013-9>
- Faraca, G., Boldrin, A., & Astrup, T. (2019). Resource quality of wood waste: The importance of physical and chemical impurities in wood waste for recycling. *Waste Management*, *87*, 135–147. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.02.005>
- Farinha, C., de Brito, J., Veiga, R., & Lucas, J. (2016). Reduction of cement content in renderings with fine sanitary ware aggregates. *Materials and Structures/Materiaux et Constructions*, *49*(5), 1605–1618. <https://doi.org/10.1617/s11527-015-0598-2>
- Ferreira, R. L. S., Anjos, M. A. S., Nóbrega, A. K. C., Pereira, J. E. S., & Ledesma, E. F. (2019). The role of powder content of the recycled aggregates of CDW in the behaviour of rendering mortars. *Construction and Building Materials*, *208*, 601–612. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.03.058>
- Garcia, C. A., & Hora, G. (2017). State-of-the-art of waste wood supply chain in Germany and selected European countries. *Waste Management*, *70*, 189–197. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.09.025>

- Göswein, V., Gonçalves, A. B., Silvestre, J. D., Freire, F., Habert, G., & Kurda, R. (2018). Transportation matters – Does it? GIS-based comparative environmental assessment of concrete mixes with cement, fly ash, natural and recycled aggregates. *Resources, Conservation and Recycling*, 137(February), 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.05.021>
- Goyal, S. (2020). Reducing Waste in Circular Economy. *Encyclopedia of Renewable and Sustainable Materials*, 2050, 467–473. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-803581-8.11503-6>
- He, T., Xu, R., Da, Y., Yang, R., Chen, C., & Liu, Y. (2019). Experimental study of high-performance autoclaved aerated concrete produced with recycled wood fibre and rubber powder. *Journal of Cleaner Production*, 234, 559–567. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.276>
- Hossain, M. U., & Poon, C. S. (2018). Comparative LCA of wood waste management strategies generated from building construction activities. *Journal of Cleaner Production*, 177, 387–397. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.233>
- Hossain, M. U., Wang, L., Yu, I. K. M., Tsang, D. C. W., & Poon, C. S. (2018). Environmental and technical feasibility study of upcycling wood waste into cement-bonded particleboard. *Construction and Building Materials*, 173, 474–480. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.04.066>
- Huang, B., Wang, X., Kua, H., Geng, Y., Bleischwitz, R., & Ren, J. (2018). Construction and demolition waste management in China through the 3R principle. *Resources, Conservation and Recycling*, 129(April 2017), 36–44. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.029>
- Ibrahim, H. A., Goh, Y., Ng, Z. A., Yap, S. P., Mo, K. H., Yuen, C. W., & Abutaha, F. (2020). Hydraulic and strength characteristics of pervious concrete containing a high volume of construction and demolition waste as aggregates. *Construction and Building Materials*, 253, 119251. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119251>
- Jesus, S., Maia, C., Brazão Farinha, C., de Brito, J., & Veiga, R. (2019). Rendering mortars with incorporation of very fine aggregates from construction and demolition waste. *Construction and Building Materials*, 229, 116844. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.116844>

- Kabirifar, K., Mojtahedi, M., Wang, C., & Tam, V. W. Y. (2020). Construction and demolition waste management contributing factors coupled with reduce, reuse, and recycle strategies for effective waste management: A review. *Journal of Cleaner Production*, 263, 121265. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121265>
- Kern, A. P., Amor, L. V., Angulo, S. C., & Montelongo, A. (2018). Factors influencing temporary wood waste generation in high-rise building construction. *Waste Management*, 78, 446–455. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.05.057>
- Kim, M. H., & Song, H. B. (2014). Analysis of the global warming potential for wood waste recycling systems. *Journal of Cleaner Production*, 69, 199–207. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.01.039>
- Krou, H., Trauchessec, R., Lecomte, A., Diliberto, C., Barnes-Davin, L., Bolze, B., & Delhay, A. (2020). Incorporation rate of recycled aggregates in cement raw meals. *Construction and Building Materials*, 248, 118217. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118217>
- Kumar, R. (2017). Influence of recycled coarse aggregate derived from construction and demolition waste (CDW) on abrasion resistance of pavement concrete. *Construction and Building Materials*, 142, 248–255. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.03.077>
- Lederer, J., Gassner, A., Kleemann, F., & Fellner, J. (2020). Potentials for a circular economy of mineral construction materials and demolition waste in urban areas: a case study from Vienna. *Resources, Conservation and Recycling*, 161(May), 104942. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104942>
- Li, C., Wei, J., & Li, C. (2019). Influence of foliage thickness on thermal performance of green façades in hot and humid climate. *Energy and Buildings*, 199, 72–87. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.06.045>
- Lima, P. R. L., Leite, M. B., & Santiago, E. Q. R. (2010). Recycled lightweight concrete made from footwear industry waste and CDW. *Waste Management*, 30(6), 1107–1113. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2010.02.007>
- Ling, T. Y., & Chiang, Y. C. (2018). Well-being, health and urban coherence-advancing vertical greening approach toward resilience: A design practice consideration. *Journal of Cleaner Production*, 182, 187–197. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.207>

- Madre, F., Clergeau, P., Machon, N., & Vergnes, A. (2015). Building biodiversity: Vegetated façades as habitats for spider and beetle assemblages. *Global Ecology and Conservation*, 3, 222–233. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2014.11.016>
- Manso, M., Teotónio, I., Silva, C. M., & Cruz, C. O. (2020). Green roof and green wall benefits and costs: A review of the quantitative evidence. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 135(July 2020). <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110111>
- Mårtensson, L. M., Fransson, A. M., & Emilsson, T. (2016). Exploring the use of edible and evergreen perennials in living wall systems in the Scandinavian climate. *Urban Forestry and Urban Greening*, 15, 84–88. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2015.12.001>
- Martínez, I., Etxeberria, M., Pavón, E., & Díaz, N. (2018). Influence of Demolition Waste Fine Particles on the Properties of Recycled Aggregate Masonry Mortar. *International Journal of Civil Engineering*, 16(9), 1213–1226. <https://doi.org/10.1007/s40999-017-0280-x>
- Martinez Lopez, Y., Paes, J. B., Gustave, D., Gonçalves, F. G., Méndez, F. C., & Theodoro Nantet, A. C. (2020). Production of wood-plastic composites using *cedrela odorata* sawdust waste and recycled thermoplastics mixture from post-consumer products - A sustainable approach for cleaner production in Cuba. *Journal of Cleaner Production*, 244. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118723>
- Medl, A., Stangl, R., & Florineth, F. (2017). Vertical greening systems – A review on recent technologies and research advancement. *Building and Environment*, 125, 227–239. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.08.054>
- Morakinyo, T. E., Lai, A., Lau, K. K. L., & Ng, E. (2019). Thermal benefits of vertical greening in a high-density city: Case study of Hong Kong. *Urban Forestry and Urban Greening*, 37(November), 42–55. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2017.11.010>
- Naciones Unidas. (2018). La Agenda 2030 y sus Objetivos de Desarrollo Sostenible: Una oportunidad para América Latina y el Caribe. *In Revista de Derecho Ambiental*. Santiago: LC/G.2681-P/Rev.3.

- Ottelé, M., & Perini, K. (2017). Comparative experimental approach to investigate the thermal behaviour of vertical greened façades of buildings. *Ecological Engineering*, 108(August), 152–161. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.08.016>
- Pacheco, J., de Brito, J., Chastre, C., & Evangelista, L. (2019). Experimental investigation on the variability of the main mechanical properties of concrete produced with coarse recycled concrete aggregates. *Construction and Building Materials*, 201, 110–120. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.12.200>
- Panizza, M., Natali, M., Garbin, E., Ducman, V., & Tamburini, S. (2020). Optimization and mechanical-physical characterization of geopolymers with Construction and Demolition Waste (CDW) aggregates for construction products. *Construction and Building Materials*, 264, 120158. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.120158>
- Peng, L. L. H., Jiang, Z., Yang, X., He, Y., Xu, T., & Chen, S. S. (2020). Cooling effects of block-scale facade greening and their relationship with urban form. *Building and Environment*, 169, 106552. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.106552>
- Pérez, G., Coma, J., Sol, S., & Cabeza, L. F. (2017). Green facade for energy savings in buildings: The influence of leaf area index and facade orientation on the shadow effect. *Applied Energy*, 187, 424–437. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.11.055>
- Perini, K., Bazzocchi, F., Croci, L., Magliocco, A., & Cattaneo, E. (2017). The use of vertical greening systems to reduce the energy demand for air conditioning. Field monitoring in Mediterranean climate. *Energy and Buildings*, 143, 35–42. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.03.036>
- Piña Ramírez, C., del Río Merino, M., Viñas Arrebola, C., Vidales Barriguete, A., & Kosior-Kazberuk, M. (2019). Analysis of the mechanical behaviour of the cement mortars with additives of mineral wool fibres from recycling of CDW. *Construction and Building Materials*, 210(2019), 56–62. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.03.062>
- Priya, D. S., Sakthieswaran, N., & Babu, O. G. (2020). Materials Today : Proceedings Experimental study on mortar as partial replacement using sawdust powder and GGBS. *Materials Today: Proceedings*, (xxxx), 4–8. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.06.292>

- Ratajczak, E., Bidzińska, G., Szostak, A., & Herbec, M. (2015). Resources of post-consumer wood waste originating from the construction sector in Poland. Resources, *Conservation and Recycling*, 97, 93–99. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.02.008>
- Rosasco, P., & Perini, K. (2018). Evaluating the economic sustainability of a vertical greening system: A Cost-Benefit Analysis of a pilot project in mediterranean area. *Building and Environment*, 142, 524–533. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.06.017>
- Rupasinghe, H. T., & Halwatura, R. U. (2020). Benefits of implementing vertical greening in tropical climates. *Urban Forestry and Urban Greening*, 53(December 2019), 126708. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126708>
- Sáez del Bosque, I. F., Van den Heede, P., De Belie, N., de Rojas, M. I. S., & Medina, C. (2020). Freeze-thaw resistance of concrete containing mixed aggregate and construction and demolition waste-added cement in water and de-icing salts. *Construction and Building Materials*, 259, 119772. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119772>
- Shafiee, E., Faizi, M., Yazdanfar, S. A., & Khanmohammadi, M. A. (2020). Assessment of the effect of living wall systems on the improvement of the urban heat island phenomenon. *Building and Environment*, (April), 106923. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.106923>
- Shahidul, M. I., Malcolm, M. L., Hashmi, M. S. J., & Alhaji, M. H. (2020). Waste Resources Recycling in Achieving Economic and Environmental Sustainability: Review on Wood Waste Industry. In *Encyclopedia of Renewable and Sustainable Materials*. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-803581-8.11275-5>
- Silva, R. V., De Brito, J., & Dhir, R. K. (2016). Performance of cementitious renderings and masonry mortars containing recycled aggregates from construction and demolition wastes. *Construction and Building Materials*, 105, 400–415. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.12.171>
- Sormunen, P., & Kärki, T. (2019). Recycled construction and demolition waste as a possible source of materials for composite manufacturing. *Journal of Building Engineering*, 24(August 2018), 100742. <https://doi.org/10.1016/j.job.2019.100742>

- Šuklje, T., Hamdy, M., Arkar, C., Hensen, J. L. M., & Medved, S. (2019). An inverse modeling approach for the thermal response modeling of green façades. *Applied Energy*, 235(August 2018), 1447–1456. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.11.066>
- Tam, V. W. Y., Soomro, M., & Evangelista, A. C. J. (2018). A review of recycled aggregate in concrete applications (2000–2017). *Construction and Building Materials*, 172, 272–292. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.03.240>
- Thomsit-Ireland, F., Essah, E. A., Hadley, P., & Blanuša, T. (2020). The impact of green facades and vegetative cover on the temperature and relative humidity within model buildings. *Building and Environment*, 181, 107009. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.107009>
- Tiwarly, A., Godsmark, K., & Smethurst, J. (2018). Field evaluation of precipitation interception potential of green façades. *Ecological Engineering*, 122(July), 69–75. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2018.07.026>
- Universidad de Medellín. (2015). *Actualización Plan de Gestión de Residuos Sólidos PGIRS del Municipio de Medellín*. Retrieved from https://www.medellin.gov.co/irj/go/km/docs/pccdesign/SubportaldelCiudadano_2/AtencinCiudadana1/ProgramasyProyectos/Shared_Content/Documentos/2015/DOCUMENTOACTUALIZACIONPGIRSMEDELLINPARACONSULTA.pdf
- Usman, M., Khan, A. Y., Farooq, S. H., Hanif, A., Tang, S., Khushnood, R. A., & Rizwan, S. A. (2018). Eco-friendly self-compacting cement pastes incorporating wood waste as cement replacement: *A feasibility study*. *Journal of Cleaner Production*, 190, 679–688. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.04.186>
- Vieira, G. L., Schiavon, J. Z., Borges, P. M., da Silva, S. R., & de Oliveira Andrade, J. J. (2020). Influence of recycled aggregate replacement and fly ash content in performance of pervious concrete mixtures. *Journal of Cleaner Production*, 271, 122665. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122665>
- Wang, L., Chen, S. S., Tsang, D. C. W., Poon, C. S., & Shih, K. (2016). Value-added recycling of construction waste wood into noise and thermal insulating cement-bonded particleboards. *Construction and Building Materials*, 125, 316–325. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.08.053>

- Wilkinson, S., Feitosa, R. C., Kaga, I. T., & Franceschi, I. H. De. (2017). Evaluating the Thermal Performance of Retrofitted Lightweight Green Roofs and Walls in Sydney and Rio de Janeiro. *Procedia Engineering*, 180(0), 231–240. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.04.182>
- Xing, Q., Hao, X., Lin, Y., Tan, H., & Yang, K. (2019). Experimental investigation on the thermal performance of a vertical greening system with green roof in wet and cold climates during winter. *Energy and Buildings*, 183, 105–117. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.10.038>
- Yang, D., Liu, M., & Ma, Z. (2020). Properties of the foam concrete containing waste brick powder derived from construction and demolition waste. *Journal of Building Engineering*, 32, 101509. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2020.101509>
- Yang, J., Du, Q., & Bao, Y. (2011). Concrete with recycled concrete aggregate and crushed clay bricks. *Construction and Building Materials*, 25(4), 1935–1945. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2010.11.063>
- Yap, S. P., Goh, Y., Mo, K. H., & Ibrahim, H. A. (2020). Recycling of Construction and Demolition Wastes Into Renewable Construction Materials. In *Encyclopedia of Renewable and Sustainable Materials*. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-803581-8.11448-1>
- Zhang, L., Deng, Z., Liang, L., Zhang, Y., Meng, Q., Wang, J., & Santamouris, M. (2019). Thermal behavior of a vertical green facade and its impact on the indoor and outdoor thermal environment. *Energy and Buildings*, 204, 1–38. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.109502>
- Zhang, S., Dong, R., Wang, M., Jia, W., & Lu, Z. (2020). Synthesis mechanisms on waste poplar fiber lightweight biomass bricks. *Journal of Cleaner Production*, 246, 118981. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118981>