CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE: UNA MIRADA A LA AGENDA 2030[1]

NELSON CASTAÑO CIRO[2]

RESUMEN

La construcción sostenible es un enfoque ampliamente buscado por gobiernos, ambientalistas y otros grupos de interés que reconocen sus beneficios. De hecho, el 25 de septiembre del 2015, la Asamblea General de la ONU elaboró un plan de acción a favor del planeta tierra y sus habitantes, para el fortalecimiento de la paz universal y el acceso a la justicia. Su foco fundamental es la erradicación de la pobreza. En ese documento se establecen 17 objetivos de desarrollo sostenibles (ODS) con 169 metas. Pero quizás el ODS que se acerca más a la construcción sostenible es inevitablemente el numero once: "cuidades y comunidades sostenibles". En este documento se hace un análisis bibliográfico sobre los temas actuales de construcción y viviendas sostenibles. Seguidamente se hace una descripción sobre materiales alternativos de construcción y otras medidas que aportan a la sostenibilidad en la construcción. Al final se hace una breve conclusión y reflexión a los grupos de interés que tienen que ver con lo sostenible.

Palabras clave: medio ambiente, vivienda, arquitectura, construcción de viviendas

ABSTRACT

Sustainable construction is an approach widely sought after by governments, environmentalists and other interest groups who recognize its benefits. In fact, on September 25, 2015, the UN General Assembly developed an action plan in favor of planet earth and its inhabitants, for the strengthening of universal peace and access to justice. Its fundamental focus is the eradication of poverty. This document establishes 17 sustainable development goals (SDGs) with 169 goals. But perhaps the SDG that comes closest to sustainable construction is inevitably number eleven: "sustainable cities and communities". In this document, a bibliographical analysis is made on the current topics of construction and sustainable housing. Following is a description of alternative construction materials and other measures that contribute to sustainability in construction. At the end, a brief conclusion and reflection is made to the interest groups that have to do with sustainability.

Keywords: environment, housing, architecture, home construction

1. Artículo de revisión

2. Instructor - Investigador, Sena, ncastano@sena.edu.co, Medellín.

1. INTRODUCCIÓN

La sostenibilidad se ha convertido en una palabra que se está repitiendo continuamente, tanto en los investigadores como en los profesionales de la industria. Høgevold et al (2017) indicaron que la sostenibilidad involucra cuestiones ambientales, económicas y sociales que trascienden los límites organizacionales y es significativamente relevante para las operaciones de la organización. La revisión de varias publicaciones sobre soste-nibilidad destaca el hecho de que se ha pres-tado más atención al aspecto ambiental, ya que sirve como base para los demás aspectos de la sostenibilidad (Obringer & Nateghi, 2021). Un área clave al considerar la sostenibilidad ambiental es la construcción sostenible.

La construcción sostenible es un enfoque ampliamente buscado por gobiernos, ambientalistas y otros grupos de interés que reconocen sus beneficios (Kibert, 2016). A nivel mundial, un número aproximado de 171 países ya han establecido sus sistemas y marcos de gestión ambiental a través de la norma ISO 14000 para resolver problemas ambientales derivados de las emisiones de gases de efecto invernadero (Tam et al., 2019).

El 25 de septiembre del 2015, la Asamblea General de la ONU elaboró un plan de acción a favor del planeta tierra y sus habitantes, para el fortalecimiento de la paz univer-sal y el acceso a la justicia. Su foco fundamental es la erradicación de la pobreza (ONU, 2015). En ese documento se establecen 17 objetivos de desarrollo sostenibles (ODS) con 169 metas. Lo anterior con el objeto de promover el crecimiento económico sostenido; adoptar medidas urgentes contra el cambio climático; promover la paz y facilitar el acceso a la justicia.

Pero hay una pregunta importante que se debe hacer: ***¿cómo esta Colombia con respecto a esta agenda 2030?*** Según el Departamento Nacional de Planeación (2022), dentro de la "Agenda 2030 en Colombia" tiene planteado en su objetivo No 11: bajar el déficit actual de vivienda al 2,7 %, con una vivienda segura y sostenible, reducir los efectos adversos de los desastres naturales, minimizar el impacto ambiental de las ciudades, fortalecer la planeación del desarrollo nacional y regional e implementar Políticas para la Inclusión, la Eficiencia de los Recursos y la Reducción del Riesgo de Desastres, entre otros.

Un periódico independiente en pro del medio ambiente, Mongabay (Paz Cardona, 2022), informa que para el año 2021 hubo una leve disminución de la deforestación en Colombia, el reto sería que esta cifra tenga siempre esa tendencia: a la baja. Pero además de lo anterior, se presentan otros retos: restauración de zonas deforestadas, protec-ción de líderes ambientales y veeduría de los compromisos hechos en el 2021.

En el Plan Nacional de Desarrollo (PND) se encuentra el reducir el déficit habitacional de los hogares, que se encuentra en 15,0% en la zona urbana(Vallejo Zamudio, 2019, p.80) y en 51,6% en el área rural. Se propone la construcción de 520.000 viviendas de interés social para cumplir dicho reto hacia el año 2030.

El Consejo Nacional de Política Económica y Social, CONPES, es la máxima autoridad nacional de planeación y se desempeña como organismo asesor del Gobierno en todos los aspectos relacionados con el desarrollo económico y social del país. Este organismo ha elaborado varios planes con el fin de apoyar la agenda 2030, dentro de los cuales se encuentran los siguientes: en el documento CONPES 3874 (CONPES, 2016), busca la prevención en la generación de residuos sólidos y su tratamiento, el documento CONPES 3919 (CONPES, 2018a) orienta sobre la política nacional de edificaciones sostenibles, el CONPES 3934 (CONPES, 2018b) propone la búsqueda de nuevas fuentes de crecimiento que sean sostenibles a partir de la oferta de capital natural, el CONPES 3943 (CONPES, 2018c) propone acciones para reducir las concentraciones de contaminantes en el aire a través de la renovación y modernización del parque automotor, en el CONPES 4050 (CONPES, 2021) plantea reducir al 2030 el riesgo de pérdida de naturaleza, de tal manera que se garantice la protección de la biodiversidad, en el CONPES 4075 (CONPES, 2022a) se busca consolidar el proceso de transición energética y en el CONPES 4080, (CONPES, 2022b) se plantea acciones dirigidas a aumentar la participación de la mujer en varios ámbitos en donde su participación es muy diferencial con el género masculino. Además de los documentos CONPES, se encuentra el pacto por la sostenibilidad (producir conservando y conservar produciendo (Departamento Nacional de Planeación, 2018) en donde se busca afianzar el compromiso de las actividades productivas con la sostenibilidad, la reducción de impactos ambientales y la mitigación del cambio climático.

Como vemos, hay bastantes planes nacionales planteados en términos de aportar a una economía sostenible tendiendo a cumplir la Agenda 2030.

Uno de los sectores que debería tener más conciencia y mayor responsabilidad sobre la sostenibilidad es el sector de la construcción, la cual aporta el 50% de las emisiones contaminantes al medio ambiente en sus proce-sos constructivos, consume el 50% de los recursos naturales, 40% de la energía y es responsable del 50% de los residuos genera-dos (Senado de la República, 2021).

De acuerdo a los antecedentes y la proble-mática planteada anteriormente, en este do-cumento se hace un análisis sobre materiales, procesos, dispositivos y herramientas, entre otros recursos que se encaminan a viviendas sostenibles, para que el lector pueda tener una visión más amplia sobre la sostenibilidad aplicada a viviendas sostenibles.

2. METODOLOGÍA

Este documento se centra en los materiales alternativos para la construcción de vivien-das, y aquellos temas que consideran la inte-gración de la arquitectura de viviendas, la energía y la tecnología con un enfoque ba-sado en sistemas para 1) reducir la demanda de energía, 2) incorporar el suministro de energía renovable e 3) integrar el almacena-miento de energía.

El objetivo es proporcionar una descripción de los principales métodos y materiales al-ternativos empleados en la construcción, métodos pasivos para eficiencia energética para ayudar a identificar los diseños más efectivos, evitando malas decisiones y cons-truyendo nuevas soluciones contemporáneas utilizando un enfoque basado en sistemas sostenibles. Lo anterior basado en la agenda 2030 de la ONU y a los Objetivos de Desa-rrollo Sostenible (ONU, 2015)

3. RESULTADOS

Inicialmente se hizo una búsqueda en la base de datos Scopus con su análisis correspondiente, luego se buscó información sobre materiales alternativos y métodos que ayuden a la construcción de una vivienda sostenible.

3.1 Análisis de la búsqueda en Scopus.

La base de datos Scopus es una de las bases de datos más utilizadas cuando se hacen análisis de publicaciones en algún tema en particular. En esta búsqueda se usaron las siguientes palabras clave “sustainable construction materials”. Se obtuvieron 567 documentos, los cuales se analizaron con el programa VosViewer, una herramienta de software para construir y visualizar redes bibliométricas.

En la figura 1 se puede observar estas redes bibliométricas, de la cual se pueden observar tres grupos o “clusters” principales: 1. Resistencia compresiva (color amarillo limón), 2. Sostenibilidad (color morado) y 3. Construcción (color verde).

Para el grupo de “construcción” se notan palabras como impacto ambiental, sostenibilidad, reciclado, desechos sólidos, bambú, energía, construcción, infraestructura, cambio climático, emisión de CO2, entre otros.

Para el grupo de “sostenibilidad” se notan principalmente las palabras reciclado, impacto ambiental, desechos sólidos, energía, entre otros.

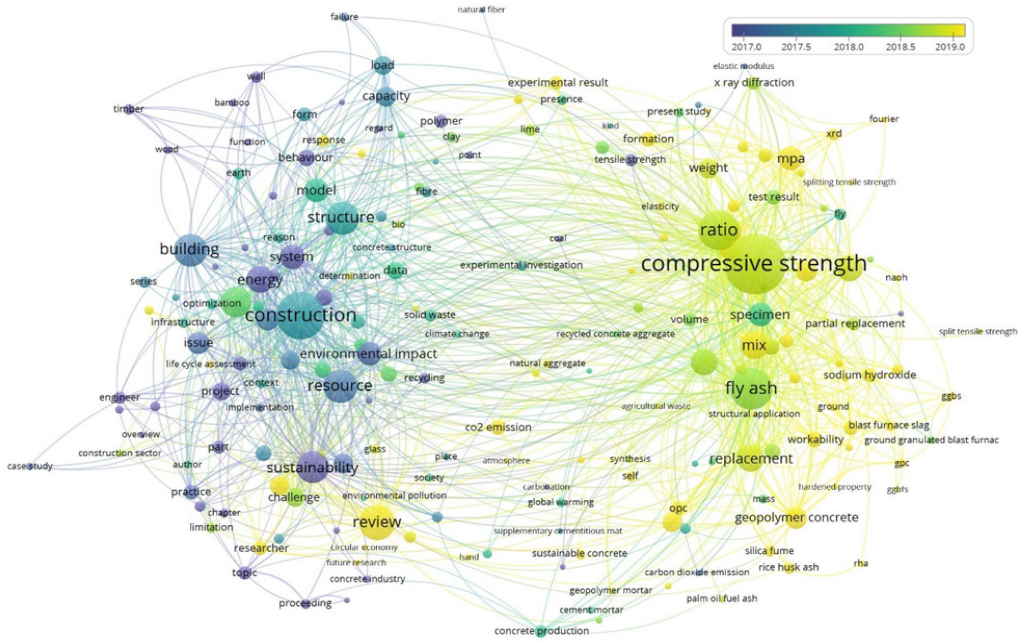

Figura 1. *Bibliometría representada en VosViewer con información de la base de datos Scopus*

Finalmente, para el grupo de "resistencia compresiva", se resaltan palabras como; "re-lación", lo cual se refiere a las distintas con-centraciones de los ingredientes usados para la fabricación de materiales; ensayos a mate-riales como FTIR, resistencia a la tensión, difracción de rayos x, conductividad térmi-ca, módulo, entre otros; materiales, como por ejemplo geopolímeros, cenizas volantes, desechos agrícolas, carbón, cal, ceniza de cascarilla de arroz, hidróxido de sodio, suelo, cenizas de aceite de palma, sílice de horno, entre otros.

En la figura 1 es bastante notorio la palabra del grupo resistencia compresiva "compres-sive strenth", que resalta sobre los otros dos grupos mencionados anteriormente, lo que da a entender que tiene más relaciones con otras palabras. Es acá en este grupo donde aparecen, en su mayoría, los materiales alter-nativos de construcción. En conclusión, de este análisis bibliométrico, lo materiales de construcción alternativos están teniendo mucho auge en los últimos años. Lo anterior está muy relacionado con la publicación de Coma Bassas et al. (2020), (figura 2), que muestra que las investigaciones en construc-ciones que aplican criterios sostenibles tie-nen una tendencia de crecimiento en los últimos 10 años. Dentro de estos se encuen-tran arquitectura solar, sostenible, pasiva, verde, de baja energía y energía neta cero.

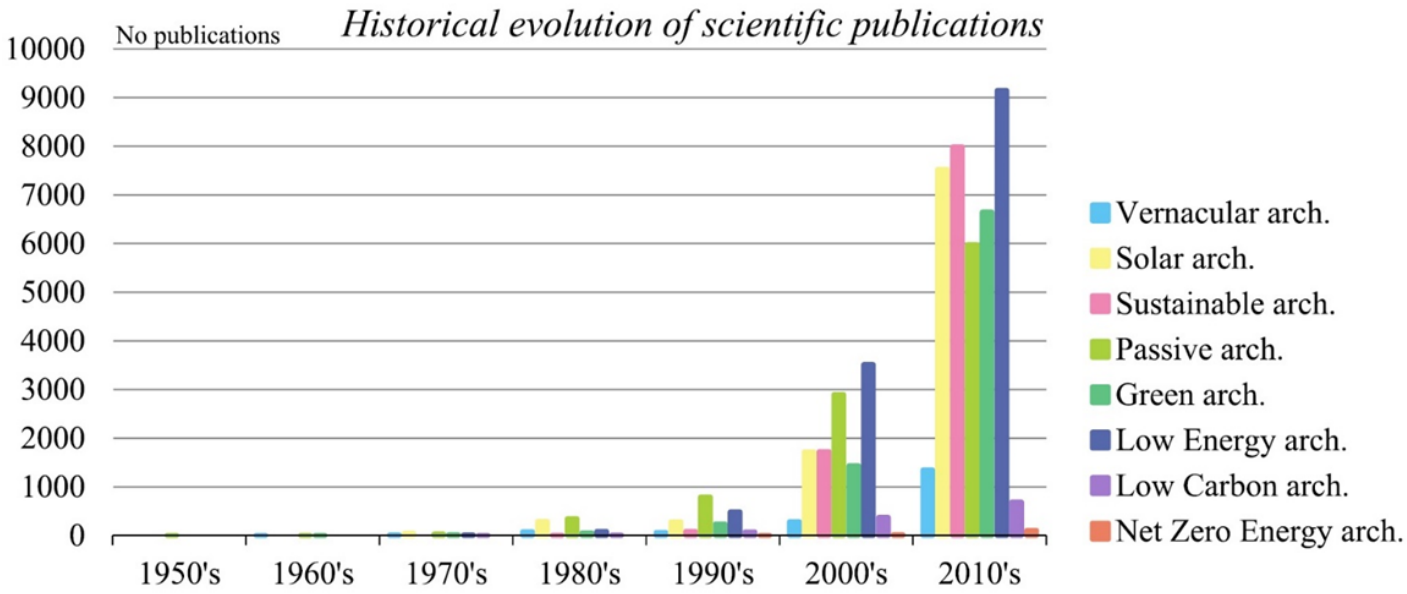

Figura 2. *Histograma de número de publicaciones por palabra clave (Coma Bassas et al., 2020)*

3.2 Materiales de construcción alternativos y otras medidas sostenibles.

Si se va a abordar el tema de sostenibilidad, primero se debe definir esta palabra. Según la Real Academia de la lengua (RAE), signi-fica "Cualidad de sostenible, especialmente en ecología y economía, que se puede man-tener durante largo tiempo sin agotar los recursos o causar grave daño al medio am-biente". Esto es lo que mundialmente se intenta abordar en muchos frentes.

También se necesita saber, de acuerdo al tema del presente documento, lo que significa ***"casa sostenible"***. Se les nombra así porque son casas que se construyen pensando en el bienestar del medio ambiente y apro-vechan todos los recursos disponibles para reducir su consumo energético, por eso también puedes ahorrar en las facturas de luz, agua y demás suministros, algo que a tu economía le hace bastante bien (BBVA, 2022), (Conserve Energy Future, 2022). En la planeación de la construcción de una vivienda sostenible, se deben considerar muchos aspectos, entre los que se encuentran los siguientes:

• La eficiencia de los materiales y su ciclo de vida.
• Los procesos de construcción de la vivienda.
• La zona y sus alrededores.
• El impacto de la vivienda en la naturaleza y la sociedad.

Otros autores aplican los siguientes criterios en el diseño de viviendas sostenibles (Go-bierno del estado de Oaxaca, 2020):

• Uso eficiente y racional de la energía.
• Conservación, ahorro y reutilización de agua.
• Prevención de residuos y emisiones.
• Creación de un ambiente saludable y no tóxico.
• Cambios en hábitos de personas y comunidades en el uso de edificaciones.

Es claro que, en una vivienda, el mayor con-sumo repercute es en la energía. Dado su importancia, la Unión Europea creo el Con-curso de Eficiencia Energética. En este, se monitorea el confort interior, el funciona-miento y el desempeño energético de las viviendas. Los datos de monitoreo pueden dar una idea sobre la eficiencia de la energía y el confort de las casas. Se analizan estrate-gias pasivas y casas con servicios de energía contratados (Rodriguez-Ubinas et al., 2014). Otro estudio similar lo hacen Pomfret y Hashemi (Pomfret & Hashemi, 2017), en el cual evalúan en un edificio construido, el seguimiento de las sombras y el espesor de las paredes con el objetivo de analizar el confort térmico del mismo.

También se puede observar en las búsquedas realizadas en bases de datos primarias, que muchas investigaciones apuntan a cero ener-gía en las viviendas, con el propósito de op-timizar el confort interior de las mismas (Al-dawi et al., 2012), (Zabaneh, 2011), (Grigo-letti et al., 2008), (Rabani et al., 2017), (Go-bakis et al., 2017), y (Li et al., 2020), como también emplean medios sostenibles para el confort térmico en las oficinas (Zhao et al., 2017). Otras investigaciones emplean siste-mas que monitorean la dirección del sol y activan laminas verticales (y horizontales) para generar sombra dentro de la vivienda (Priatman et al., 2015).

De las investigaciones consultadas, se hizo una clasificación en nueve grandes grupos que aportan a la sostenibilidad en las cons-trucciones que se detallan a continuación.

3.2.1. Elaboración de adobes/bloques.

Se debe tener en cuenta que, cuando las paredes de las viviendas son construidas con adobes, es uno de los elementos constructi-vos que más se consume. Debido a esto, se han hecho publicaciones, incluidos libros completos, que se centran en este elemento. Uno de esos libros es de los autores F. Pa-checo-Torgal y colaboradores (2015) en donde detallan estudios profundos sobre propiedades térmicas, físicas, de durabilidad entre otras, empleando materiales como geopolímeros, residuos de minas, desechos industriales como también (no podría faltar) los elaborados con tierra comprimida. Informan también sobre estudios de diferentes diseños en su desempeño, así como en la energía empleada y la huella de carbono generada en la elaboración de los mismos.

Otras investigaciones apuntan al empleo de la fibra del Ichu (una especie de pasto) que es ampliamente empleada en la elaboración de bloques en Perú, por su resistencia e impermeabilidad, sobre todo en aquellos climas donde las temperaturas varían desde -15°C y -5°C (Pinas et al., 2020). Algo parecido hacen los investigadores Huari Sanabria (2018), empleado también paja con arena gruesa, acogiendo las normas nacionales establecidas en Perú *(figura 3)*.

Figura 3. *Adobe elaborado con paja, y arena gruesa (Huari Sanabria, 2018).*

Otros investigadores emplean polímeros con residuos de construcción y demolición o RCDs (Perera et al., 2020), plásticos con cemento buscando aislamiento térmico y acústico (Joyram et al., 2022) para elaborar bloques, además, innovan en cambiar los bloques hechos de suelo-cemento a pasar a bloques elaborados con tierra y geopolíme-ros (Nallive Yepez et al., 2012).

Para finalizar, emplean la totora como material de construcción, tanto en los techos de viviendas (Hidalgo C., 2007) como en la elaboración de adobes empleando aglome-rantes naturales como cola de pez, cera de abeja, lanolina, entre otras (Rengel Coronel, 2018b).

3.2.2. Construcciones con Bambú y madera.

El bambú ha sido usado en la industria de la construcción en muchas partes del mundo durante siglos, debido a su baja resistencia a la tracción y su peso ligero (Akeju & Falade, 2001). En comparación con árboles como el roble y el pino, el bambú crece muy rápida-mente, lo que hace que la construcción sea más sencilla y menos intensa. Por tal motivo, el Bambú, como elemento constructivo, es sostenible por su naturaleza, y algunos inves-tigadores han hecho publicaciones al respecto.

El bambú se utiliza en la industria de la construcción para fabricar piezas de construcción tanto estructurales como no estruc-turales. La figura 4 muestra un techo estruc-tural elaborado con bambú. Históricamente, las cañas de bambú se han utilizado para construir casas, andamios y puentes peatona-les en comunidades rurales. La estructura del techo, puertas, ventanas, paredes, techo, etc., se ha utilizado de muchas formas (Akeju & Falade, 2001).

Los autores Tiza et al. (2021) emplean el bambú y la lana de ovejas como materiales alternativos de construcción. También se encontró un estudio de viviendas elaboradas a base de bambú en manglares de Guayaquil (Ecuador) (Livingston, 2009) y en la muni-cipalidad de Bologna (Italia), esta última tomando como base las viviendas de bambú encontradas en Costa Rica (Donini et al., 2022). También se han encontrado artículos de investigaciones de construcciones con bambú en la regiones de Birmania (Otsuyama et al., 2019), en la India (Sawarkar et al., 2020), Vietnam entre otros (Thuy et al., 2021).

Figura 4. *Techo estructural de bambú, Aeropuerto Internacional de Barajas en Madrid, España.*

Con relación a la madera, se encontraron investigaciones que mezclan la madera con plástico para construcción de viviendas (Elsheikh et al., 2022), como también la ma-dera en términos generales como elemento de construcción sostenible (Coulson, 2021), (Coulson, 2015) y (Navaratnam et al., 2021).

3.2.3. Confort de las viviendas.

Se ha encontrado mucha información refe-rente a materiales, procesos y desarrollos sostenibles, pero existen pocos estudios que profundicen en el confort del interior de las viviendas. Entonces surge la pregunta: ¿para qué construir una vivienda sostenible si no es para tener un confort y sea agradable vivir en ella?

Aunque cuando hay investigaciones sobre construcciones sostenibles, quizás abordan el tema de manera tangencial, pero no a pro-fundidad. La misma pregunta se la hicieron los investigadores Farhan et al., (n.d.), y (Baird & Field, 2013) que hicieron un estu-dio en Irak y en otros 11 países, respectivamente, sobre encuestas de percepción en usuarios de construcciones con materiales sostenibles con relación a su confort, se encontraron en términos generales inconformi-dades con el ambiente interno, además, las casas residenciales dependen enormemente de la energía artificial para el consumo de sus habitantes.

Otra investigación apunta a lo contrario, aplican un modelo de confort humano adaptativo (Yun & Kim, 2014) para poder diseñar la vivienda, estableciendo que debe ha-ber una correspondencia directa entre la ar-quitectura, el confort y el clima, como lo muestra la figura 5. Algo parecido hacen otras investigaciones simulando las condi-ciones de confort en las viviendas sostenibles (Nadarajan & Kirubakaran, 2017), (Shaikh et al., 2013), (Shaikh et al., 2014).

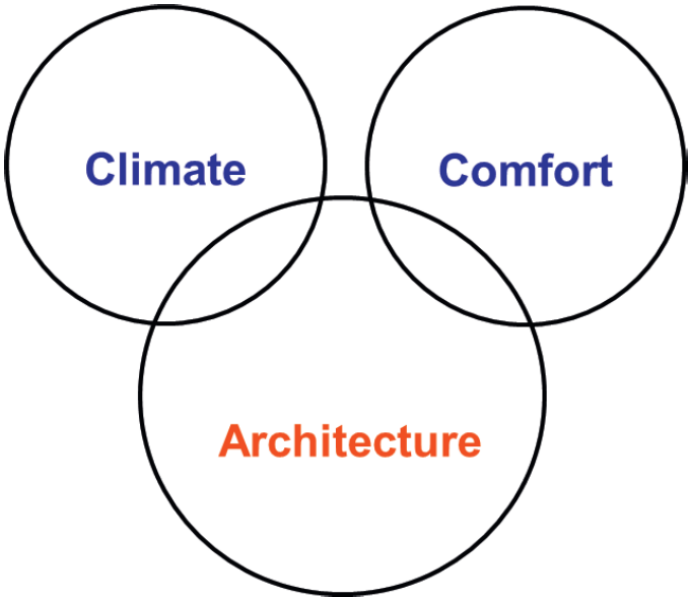

Figura 5. *Modelo de medio ambiente en la arquitectura .(Yun & Kim, 2014)*

También se encontraron libros que se dedican a profundidad sobre el diseño de viviendas sostenibles. Uno de ellos hacen es-tudios de diseños en climas cálidos y templados tomando en consideración climas mediterráneos, de Tokio, Kuala Lumpur entre otros (Hyde & Sunaga, 2008).

Otro libro muy completo le apunta a cuatro aspectos fundamentales en la construcción sostenible:

1. Construcciones saludables: describen métodos y materiales sostenibles, los servicios, la construcción y la implementación.
2. Conservación: calentamiento y enfriamiento, uso eficiente de la electricidad, el agua y los desechos. 3. Eco ciclos: calor y electricidad renovables, manejo de aguas residuales y los cultivos.
4. El lugar o adaptación a los alrededores naturales (Bokalders & Block, 2010).

3.2.4. Energías pasivas.

Energías pasivas son, palabras más, palabras menos, son medios naturales para suministrar energía a las edificaciones. Para esto hay varios estudios en donde se han hecho propuestas, por ejemplo leyes del gobierno (Tam et al., 2021) para que las viviendas actuales adopten estos sistemas, pero sin mucho éxito (Fernánez & Garzón, 2020), (Whaley et al., 2017) y (Ikudayisi, 2020). Otras autores (Priatman et al., 2015) y (Ibraheem et al., 2017) emplean celdas fotovoltaicas combinadas con la optimización de las sombras con sistemas de fachadas en las ventanas, así como otros emplean solamente celdas fotovoltaicas como medio pasivo (Wang et al., 2009).

Un estudio hecho en Egipto demuestra que hay mucho potencial para usar medios pasivos en las construcciones tales como: energía solar, calentamiento de agua por el sol, sistemas de desalinización solar, energía hidro-eléctrica, eólica y tecnologías para obtener energía de las olas del mar (Salah et al., 2022).

3.2.5. Materiales alternativos.

Se sabe que la industria del cemento es una de las más contaminantes, generadora de gran cantidad de CO2 en su proceso de producción. Muchos investigadores han hecho esfuerzos por encontrar materiales alternativos de construcción. Entre estos se encuentran compuestos en yeso con refuerzo de fibra de cascarilla de arroz y poliestireno (Pardo & Trejos, 2015), cenizas de cascarilla de arroz (Taiwo et al., 2022), escoria de acero (Netinger Grubeša et al., 2016) y de cobre (Dhir OBE et al., 2016), cascara de café en elaboración de baldosas (Sarabia-Guarín et al., 2020), concreto con vidrio (Abellán-García et al., 2019), (Ahmed et al., 2022), empleo de fibra de totora (figura 6) (Rengel Coronel, 2018a) y de fibras de ichu (Charca et al., 2015), como también elaboración de ladrillos y paredes elaborados con elementos del suelo (tierra) (Gernot, 2006), (Construction, n.d.), (Krahn, 2019), (Johnston & Gibsson, 2008), (Cutiño González et al., 2020) y (Akinyemi et al., 2020).

3.2.6. Viviendas sostenibles.

Otros autores aplican la sostenibilidad de manera general en el diseño y construcciones de viviendas sostenibles. Un proyecto que promete cero carbón, totalmente sostenible para familias de escasos recursos en la Indica es PowerHyde (Powerhyde, 2022) en la India. Algunas de las investigaciones apuntan al diseño de viviendas sostenibles para familias de bajos ingresos económicos, como por ejemplo, la propuesta del gobierno de África (Dosumu & Aigbavboa, 2019) y en Malasia (Musa et al., 2011).

Figura 6. *Bloques elaborados con fichas de totora (Rengel Coronel, 2018a).*

Otras investigaciones le apuntan a las cons-trucciones "verdes", en donde procuran construcciones, por ejemplo, con materiales alternativos, bajo consumo de energía, em-pleo de medios pasivos, aprovechamiento del sol, de los vientos, de la orientación de la vivienda, entre otros aspectos (Anderson & Howard, 2000), (Bennett, 2008), (Stang & Hawthorne, 2005), (Wells, 2007) entre otros.

3.2.7. BIM aplicado a la sostenibilidad.

Y no podía faltar en esta búsqueda, la me-todología BIM aplicado a la sostenibilidad en el diseño y construcción de viviendas. Uno de estos artículos se refiere a la impre-sión en 3D de viviendas, ayudando a una construcción más eficiente, minimizando los desperdicios generados en la construcción (Sakin & Kiroglu, 2017). Una de las ventajas de la metodología BIM es que se pueden diseñar y modelar las edificaciones antes de su construcción. Aprovechando lo anterior, se hizo una investigación para determinar el desempeño, en términos de sostenibilidad, de un proyecto de construcción para deter-minar a partir de simulaciones el consumo energía eléctrica, huella de carbono por ma-teriales y la energía incorporada total del proyecto, generando diseños alternativos y analizando los resultados contemplando la viabilidad económica de los escenarios plan-teados (Jiménez-Roberto et al., 2017).

4. CONCLUSIONES Y/O DISCUSIONES.

Es claro que la tendencia (y la preocupación) de los investigadores y de muchas empresas es, disminuir los impactos ambientales aplicando productos y procesos que ayuden a la sostenibilidad. Es claro que los materiales alternativos para la construcción no es un tema que se enseñe en los programas refe-rentes a la construcción, ni se den asignaturas enfocadas a esto. Las instituciones universitarias deberían orientar sus programas académicos que orienten a sus futuros profe-sionales a prácticas sostenibles, y no solamente se habla de el área de la construcción, existen muchas profesiones que pueden aportar a esta problemática si hay realmente una conciencia de cambio encaminada a revertir los problemas ecológicos que tenemos actualmente.

REFERENCIAS

Abellán-García, J., Núñez-López, A., Torres-Castellanos, N., & Fernández-Gómez, J. (2019). Effect of FC3R on the properties of ultra-high-performance concrete with recycled glass. DYNA (Colombia), 86(211), 84–93.

Ahmed, T., Ray, S., Haque, M., Tasnim Nahin, T., & Ferdous Mita, A. (2022). Optimization of properties of concrete prepared with waste glass aggregate and condensed milk can fiber using response surface methodology. Cleaner Engineering and Technology, 8(March), 100478. https://doi.org/10.1016/j.clet.2022.100478

Akeju, T. A. I., & Falade, F. (2001). Utilization of Bamboo as Reinforcement in Concrete for Low-Cost Housing. Structural Engineering, Mechanics and Computation, 2, 1463–1470. https://doi.org/10.1016/b978-008043948-8/50164-8

Akinyemi, B. A., Elijah, A., Oluwasegun, A., Akpenpuun, D. T., & Glory, O. (2020). The use of red earth, lateritic soils and quarry dust as an alternative building material in sandcrete block. Scientific African, 7, 7. https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2020.e00263

Anderson, J., & Howard, N. (2000). The Green Guide To housing specification. In EcoHomes BRE (Primera ed). Construction Research Communications CRC.

Baird, G., & Field, C. (2013). Thermal comfort conditions in sustainable buildings - Results of a worldwide survey of users' perceptions. Renewable Energy, 49, 44–47. https://doi.org/10.1016/j.renene.2012.01.069

Bennett, C. (2008). Greening Your Home: sustainable Options for every system in your house. The McGraw-Hill Companies. https://doi.org/10.1036/0071499091

Bokalders, V., & Block, M. (2010). The whole building handbook: how to design healthy, efficient, and sustainable buildings. In Choice Reviews Online (Primera). Earthscan.

Charca, S., Noel, J., Andia, D., Flores, J., Guzman, A., Renteros, C., & Tumialan, J. (2015). Assessment of Ichu fibers as non-expensive thermal insulation system for the Andean regions. Energy and Buildings, 108, 55–60. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.08.053

Coma Bassas, E., Patterson, J., & Jones, P. (2020). A review of the evolution of green residential architecture. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 125(February), 109796. https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.109796

CONPES. (2016). Documento CONPES 3874. Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos. In Consejo Nacional de Política Económica y Social. https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Económicos/3874.pdf

CONPES. (2018a). Conpes 3919: POLÍTICA NACIONAL DE EDIFICACIONES SOSTENIBLES. In Consejo Nacional de Política Económica y Social. https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Económicos/3919.pdf

CONPES. (2018b). CONPES 3934: Política de Crecimiento Verde. In CONSEJO NACIONAL DE POLÍTICA ECONÓMICA Y SOCIAL (No. 3934). https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Económicos/3934.pdf

CONPES. (2018c). CONPES 3943: Política para el mejoramiento de la calidad del aire. In Departamento Nacional de Planeación. https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Económicos/3943.pdf

CONPES. (2021). Documento CONPES 4050: POLITICA PARA LA CONSOLIDACIÓN DEL SISTEMA NACIONAL DE AREAS PROTEGIDAS -SINAP-.

CONPES. (2022a). Documento Conpes 4075: POLÍTICA DE TRANSICIÓN ENERGÉTICA.

CONPES. (2022b). Documento CONPES 4080: POLÍTICA PÚBLICA DE EQUIDAD DE GÉNERO PARA LAS MUJERES: HACIA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL PAÍS.

Conserve Energy Future. (2022). What is Green Construction? Conserve Energy Future. https://translate.google.com/?hl=es&sl=en&tl=es&text=What is Green Construction%3F%0AGreen construction can be used interchangeably with green building or sustainable construction. Therefore%2C green construction means the use of resource-efficient and en

Construction, E. (n.d.). Earthbag Construction, the complete step-by-step guide Build economical and resilient earthbag structures using simple tools and techniques. www.earthbagbuilding.com.

Coulson, J. (2015). Sustainable use of wood in construction. In International Wood Products Journal (Primera, Vol. 6, Issue 2). John Wiley & Sons. https://doi.org/10.1179/2042644514z.000000000117

Coulson, J. (2021). A Handbook for the Sustainable Use of Timber in Construction. In A Handbook for the Sustainable Use of Timber in Construction (Primera). John Wiley & Sons. https://doi.org/10.1002/9781119701125

Cutiño González, M. G., Rotondaro, R., & Esteves, A. (2020). Comparative analysis of thermal aspects and mechanical Comparative analysis of thermal aspects and mechanical resistance of building materials and elements with earth. Revista De Arquitectura, 22(1), 138–151. https://doi.org/ DOI: https://doi.org/10.14718/RevArq.2020.2348

Departamento Nacional de Planeación. (2018). Pacto por la sostenibilidad: producir conservando y conservar produciendo. Pactos Transversales. https://www.dnp.gov.co/DNPN/Plan-Nacional-de-Desarrollo/Paginas/Pactos-Transversales/Pacto-por-la-sostenibilidad/Sostenibilidad.aspx

Departamento Nacional de Planeación. (2022). Objetivo 11: Cuidades y comunidades sostenibles. La Agenda 2030 En Colombia. https://www.ods.gov.co/es/objetivos/ciudades-y-comunidades-sostenibles

Dhir OBE, R. K., de Brito, J., Mangabhai, R., & Lye, C. Q. (2016). Sustainable Construction Materials: Copper Slag. In Sustainable Construction Materials: Copper Slag. https://doi.org/10.1016/c2015-0-00465-8

Donini, G., Greco, S., Molari, L., & Zanetti, A. (2022). Structural design of an Italian bamboo house in an Italian regulatory context: Revisiting a small building built in Costa Rica with tropical bamboo. Case Studies in Construction Materials, 16(January), e00891. https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e00891

Dosumu, O., & Aigbavboa, C. (2019). Challenges of sustainable design and construction in Africa. In Sustainable Design and Construction in Africa (Primera). Routledge. https://doi.org/10.1201/9781351212205-11

Elsheikh, A. H., Panchal, H., Shanmugan, S., Muthuramalingam, T., El-Kassas, A. M., & Ramesh, B. (2022). Recent progresses in wood-plastic composites: Pre-processing treatments, manufacturing techniques, recyclability and eco-friendly assessment. Cleaner Engineering and Technology, 8(March), 100450. https://doi.org/10.1016/j.clet.2022.100450

Farhan, S. L., Jasim, I. A., & Naji, A. (n.d.). Sustainable House and Its Relation with Residents ' Comfort A Study in Selected Regions in the City of Kut (Vol. 1).

Fernánez, A., & Garzón, B. S. (2020). Incidencia de la estrategias pasivas de diseño arquitectónico en la etiqueta de la eficiencia energética en Argentina. Revista Hábitat Sustentable, 10(10), 13. https://doi.org/doi.org/10.22320/07190700.2020.10.01.05

Gernot, M. (2006). Building with Earth Design and Technology of a Sustainable Architecture (Primera). Birkhäuser – Publishers for Architecture.

Hidalgo C., J. F. (2007). Aprovechamiento de la Totora como Material de Construcción [Universidad de Cuenca].

http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/6180

Høgevold, C. F. C. P. G. S. J. C. S. V. B. W. N. M. (2017). Validating a framework of stakeholders in connection to business sustainability efforts in supply chains. Journal of Business & Industrial Marketing Management, 32(1), 31.http://dx.doi.org/10.1108/08858620410523981%5Cn

Huari Sanabria, E. J. (2018). Uso de aglomerantes naturales, suelo arcilloso y su influencia en la fabricación de adobes mejorados en el Anexo de Palian Huancayo. In Journal of Chemical Information and Modeling. Escuela Académico Profesional de Arquitectura.

Hyde, R. H., & Sunaga, N. (2008). BioclimatocHousingInnovative Design for Warm Climates. In R. Hyde (Ed.), Bioclimatic Housing Innovative Designs for Warm Climates (Primera). Earthscan. https://doi.org/10.4324/9781849770569

Ibraheem, Y., Farr, E. R. P., & Piroozfar, P. A. E. (2017). Embedding Passive Intelligence into Building Envelopes: A Review of the State-of-the-art in Integrated Photovoltaic Shading Devices. Energy Procedia, 111(September 2016), 964–973. https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.03.259
Ikudayisi, A. E. (2020). Sustainable and Renewable Energy Strategies in Residential Buildings in Akure, Nigeria. Journal of Energy Research and Reviews, 5(2), 1–10. https://doi.org/10.9734/jenrr/2020/v5i230142

Jiménez-Roberto, Y., Sebastián-Sarmiento, J., Gómez-Cabrera, A., & Leal-Del Castillo, G. (2017). Analysis of the environmental sustainability of buildings using BIM (Building Information Modeling) methodology. Ingeniería y Competitividad, 19(1), 241–251.

Johnston, D., & Gibsson, S. (2008). Green from the ground up : sustainable, healthy, and energy-efficient home construction. In InnovAiT: Education and inspiration for general practice. The Taunton Press. https://doi.org/10.1177/1755738012468107

Joyram, H., Govindan, K., & Nunkoo, R. (2022). A comprehensive review on the adoption of insulated block/eco-block as a green building technology from a resident perspective. Cleaner Engineering and Technology, 8(March), 100480. https://doi.org/10.1016/j.clet.2022.100480

Krahn, T. (2019). Essential Rammed Earth Construction Rammed (Primera). New Society Publishers. https://doi.org/10.5040/9781350122741.1002057

Livingston, M. (2009). Bamboo housing and the Mangrove of Guayaquil. IAT Editorial on Line, 34(77), 16.

Musa, A. R., Tawil, N. M., Sood, S. M., Che-Ani, A. I., Hamzah, N., & Basri, H. (2011). Constructing formulation of affordable green home for middle income group. Procedia Engineering, 20, 466–473. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.11.189

Nadarajan, M., & Kirubakaran, V. (2017). Simulation studies on small rural residential houses using sustainable building materials for thermal comfort–case comparison. Advances in Building Energy Research, 11(2), 193–207. https://doi.org/10.1080/17512549.2016.1215260

Nallive Yepez, O., Bedoya Montolla, C., & Gómez Eusse, J. (2012). Hacia un avance ambiental y tecnológico de la construcción con tierra como patrimonio futuro. Del bloque de suelo cemento (BSC) al bloque de tierra con geopolímeros (BTG). Apuntes, 25(1757–9763), 240–245. http://aplicacionesbiblioteca.udea.edu.co:3653/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=ce1f09e4-a2f6-4f03-99ed-d04fea29f426%40sessionmgr113&vid=4&hid=124

Navaratnam, S., Widdowfield Small, D., Gatheeshgar, P., Pologanathan, K., Thamboo, J., Higgins, C., & Mendis, P. (2021). Development of cross laminated timber-cold-formed steel composite beam for floor system to sustainable modular building construction. Structures, 32(March), 681–690. https://doi.org/10.1016/j.istruc.2021.03.051

Netinger Grubeša, I., Barišic, I., Fucic, A., & Bansode, S. S. (2016). Characteristics and uses of steel slag in building construction. In Characteristics and Uses of Steel Slag in Building Construction. https://doi.org/10.1016/c2014-0-03994-9

Obringer, R., & Nateghi, R. (2021). What makes a city 'smart' in the Anthropocene? A critical review of smart cities under climate change. Sustainable Cities and Society, 75(July). https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103278

ONU. (2015). La Asamblea General adopta la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Objetivos de Desarrollo Sostenible. https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2015/09/la-asamblea-general-adopta-la-agenda-2030-para-el-desarrollo-sostenible/

Otsuyama, K., Aung, S. P., & Maki, N. (2019). Adaptive strategies and transformation for community recovery – A case study of villages in Hinthada, Ayeyarwady Region, Myanmar. International Journal of Disaster Risk Reduction, 34(November 2018), 75–93. https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2018.11.007

Pacheco-torgal, Fernando_ Lourenò, P. B._ Labrincha, J. A._ Kumar, S. (2015). Eco-efficient Masonry Bricks and Blocks Design, Properties and Durability (Woodhead Publishing (ed.); Primera). Elsevier.

Pardo, J. D., & Trejos, L. A. (2015). Materiales Compuestos ligeros basados en yeso con refuerzo de fibra de cascarilla de arroz y poliestireno. 25–31.

Perera, S., Arulrajah, A., Wong, Y., Maghool, F., & Horpibulsuk, S. (2020). Evaluation of shear strength properties of unbound PET plastic in blends with demolition wastes. Construction and Building Materials, 262, 120545. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.120545

Pinas, J. M., Lira, L., Horn, M., Solis, J. L., & Gómez, M. M. (2020). Influence of Stipa ichu on the thermal and mechanical properties of adobe as a biocomposite material. Journal of Physics: Conference Series, 1433(1), 11. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1433/1/012003

Powerhyde. (2022). PowerHyde, BillionBricks + Architecture BRIO.

Priatman, J., Soegihardjo, O., & Loekita, S. (2015). Towards Energy Efficient Facade Through Solar-powered Shading Device. Procedia - Social and Behavioral Sciences, 179, 266–275. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.02.430

Rengel Coronel, D. (2018a). AGLOMERANTES DE ORIGEN NATURAL APLICABLES A LA FIBRA DE TOTORA. UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA UNIDAD.

Rengel Coronel, D. (2018b). AGLOMERANTES DE ORIGEN NATURAL APLICABLES A LA FIBRA DE TOTORA TRABAJO. UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA.

Sakin, M., & Kiroglu, Y. C. (2017). 3D Printing of Buildings: Construction of the Sustainable Houses of the Future by BIM. Energy Procedia, 134, 702–711. https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.09.562

Salah, S. I., Eltaweel, M., & Abeykoon, C. (2022). Towards a sustainable energy future for Egypt: A systematic review of renewable energy sources, technologies, challenges, and recommendations. Cleaner Engineering and Technology, 8(April), 100497. https://doi.org/10.1016/j.clet.2022.100497

Sarabia-Guarín, A., Ramírez-Delgado, R. P., & Sánchez-Molina, J. (2020). Coffee Husk as Feldspar Substitute in the Manufacture of Enameled Ceramic Tile. Ciencia e Ingeniería Neogranadina, 30(2), 21–30. https://doi.org/10.18359/rcin.4370

Sawarkar, A. D., Shrimankar, D. D., Kumar, A., Kumar, A., Singh, E., Singh, L., Kumar, S., & Kumar, R. (2020). Commercial clustering of sustainable bamboo species in India. Industrial Crops and Products, 154(June), 112693. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112693

Senado de la República. (2021). El 50 por ciento de las emisiones contaminantes pertenecen al sector de la construcción. Coordinación de Comunicación Social. http://comunicacion.senado.gob.mx/index.php/informacion/boletines/50135-el-50-por-ciento-de-las-emisiones-contaminantes-pertenecen-al-sector-de-la-construccion.html

Shaikh, P. H., Nor, N. B. M., Nallagownden, P., Elamvazuthi, I., & Ibrahim, T. (2014). A review on optimized control systems for building energy and comfort management of smart sustainable buildings. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 34, 409–429. https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.03.027

Shaikh, P. H., Nor, N. M., Nallagownden, P., & Elamvazuthi, I. (2013). Intelligent Optimized Control System for Energy and Comfort Management in Efficient and Sustainable Buildings. Procedia Technology, 11(Iceei), 99–106. https://doi.org/10.1016/j.protcy.2013.12.167

Stang, A., & Hawthorne, C. (2005). The green house. In Fabric Architecture (Primera). Princetown Arqchitectural Press.

Taiwo, L. A., Obianyo, I. I., Omoniyi, A. O., Onwualu, A. P., Soboyejo, A. B. O., & Amu, O. O. (2022). Mechanical behaviour of composite produced with quarry dust and rice husk ash for sustainable building applications. Case Studies in Construction Materials, 17(April), e01157. https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01157

Tam, V. W. Y., Le, K. N., Tran, C. N. N., & Illankoon, I. M. C. S. (2021). A review on international ecological legislation on energy consumption: greenhouse gas emission management. International Journal of Construction Management, 21(6), 631–647. https://doi.org/10.1080/15623599.2019.1576259

Thuy, V. T., Huyen, N. T., Tu, L. H., & Loi, N. K. (2021). Status of bamboos in Binh Duong province, Vietnam: Distribution, species diversity, conservation and utilization. Trees, Forests and People, 6, 100137. https://doi.org/10.1016/j.tfp.2021.100137

Tiza, T. M., Singh, S. K., Kumar, L., Shettar, M. P., & Singh, S. P. (2021). Assessing the potentials of Bamboo and sheep wool fiber as sustainable construction materials: A review. Materials Today: Proceedings, 47(xxxx), 4484–4489. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.05.322

Vallejo Zamudio, L. E. (2019). El plan nacional de desarrollo 2018-2022: "Pacto por Colombia, pacto por la equidad." Apuntes Del Cenes, 38(68). https://doi.org/10.19053/01203053.v38.n68.2019.9924

Wang, N., Esram, T., Martinez, L. A., & McCulley, M. T. (2009). A marketable all-electric solar house: A report of a Solar Decathlon project. Renewable Energy, 34(12), 2860–2871. https://doi.org/10.1016/j.renene.2009.05.003

Wells, W. (2007). Blueprint for greening affordable housing. In W. WELLS (Ed.), Housing Studies (Primera ed). ISLANDPRESS. https://doi.org/10.1080/02673037.2021.1983155

Whaley, D. M., O'Leary, T., & Al-Saedi, B. (2017). Cost Benefit Analysis of Simulated Thermal Energy Improvements Made to Existing Older South Australian Houses. Procedia Engineering, 180, 272–281. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.04.186

Yun, G. Y., & Kim, J. T. (2014). Creating sustainable building through exploiting human comfort. Energy Procedia, 62, 590–594. https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.12.421