



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Una Revisión del Uso de la Celulosa Vegetal en los Materiales  
de Construcción: Una Perspectiva de Sostenibilidad Ambiental  
en Países Desarrollados**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO AMBIENTAL

**AUTORES:**

Curilla Paucar, Katherin Noemi (ORCID: 0000-0002-5489-1385)

Días Huamani, Dharis Félix (ORCID: 0000-0002-3569-3594)

**ASESOR:**

Dr. Sernaque Auccahuasi, Fernando Antonio (ORCID: 0000-0003-1485-5854)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Calidad y gestión de recursos naturales

LIMA – PERÚ

2020

## **DEDICATORIA**

A nuestros padres que con su amor y apoyo nos permitieron llegar a cumplir una meta más, por inculcar en nosotros ejemplos de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades; ya que, Dios está con nosotros.

## **AGRADECIMIENTOS**

Expresar nuestra gratitud a Dios por brindar su bendición siempre en nuestra vida, también agradecer a nuestra familia por estar presente, a nuestros profesores por su comprensión, compromiso y conocimientos brindados.

Finalmente, agradecer a nuestro asesor por su colaboración durante este proceso, quien, con su conocimiento, dirección, enseñanza permitió el desarrollo del estudio presente.

## Índice de contenido

	Pág.
Carátula	
Dedicatoria.....	ii
Agradecimientos .....	iii
Índice de contenido.....	iv
Índice de figuras.....	vi
Abstract.....	viii
<b>I. Introducción .....</b>	<b>1</b>
<b>II. Marco Teórico.....</b>	<b>5</b>
<b>III. Método .....</b>	<b>13</b>
<b>3.1</b> Tipo y diseño de investigación .....	14
<b>3.2</b> Categorías, subcategorías y matriz de categorización apriorística.....	14
<b>3.3</b> Escenario de estudio.....	16
<b>3.4</b> Participantes .....	16
<b>3.5</b> Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	16
<b>3.5.1.</b> Descripción de la ficha de contenido .....	17
<b>3.6</b> Procedimientos.....	18
<b>3.7</b> Rigor científico.....	19
<b>3.8</b> Método de análisis de información .....	211
<b>13.9</b> Aspectos éticos .....	22
<b>IV. Resultados y Discusión.....</b>	<b>23</b>
<b>V. Conclusiones .....</b>	<b>35</b>
<b>VI. Recomendaciones .....</b>	<b>38</b>
<b>Referencias Bibliográficas.....</b>	<b>40</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>49</b>

## Índice de tablas

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla N° 1:</b> Matriz de categorización apriorística .....	15
<b>Tabla N° 2:</b> Celulosa vegetal aplicado en los materiales de construcción .....	34
<b>Tabla N° 3:</b> Total de celulosas vegetales repetidos en los artículos .....	26
<b>Tabla N° 4:</b> Composición química de la fibra de Sisal .....	32
<b>Tabla N° 5:</b> Propiedades químicas de la fibra de Luffa .....	34

## Índice de figuras

	<b>Pág.</b>
<b>Figura N° 1:</b> Esquema de celulosa fibrilada.....	10
<b>Figura N° 3:</b> Diversos tipos de nanocelulosa.....	10
<b>Figura N° 3:</b> Diagrama de Organización de información.....	18
<b>Figura N° 4:</b> Celulosa vegetal y veces aplicadas en los materiales de construcción en diferentes artículos científicos .....	27

## **Resumen**

El uso de materiales en la construcción ha crecido significativamente en los últimos años; es por ello, que la aplicación de la celulosa vegetal para la fabricación de estos se ha convertido en una alternativa sostenible debido a su abundancia, bajo costo y bajo consumo de energía para su producción; además, de las propiedades físicas, mecánicas que adquiere cada material. El objetivo de esta investigación fue analizar el uso de la celulosa vegetal en los materiales de construcción con una perspectiva de sostenibilidad ambiental en países desarrollados. Se realizó una revisión extensa de 24 artículos de investigaciones de diferentes autores que aplicaron las fibras vegetales en diferentes materiales de construcción como: compuestos cementosos, de hormigón, de yeso, paneles, materiales de aislantes térmicos, incluso hibridación con fibras naturales y convencionales; entre otros. De estos artículos se identificaron 27 celulosas vegetales usadas en los materiales de construcción; además, se sintetiza que el uso directo de los compuestos de fibra natural puede presentar desafíos potenciales como la baja resistencia mecánica, la baja estabilidad térmica, entre otros, que para mejorar estas deficiencias muchas veces es mejor hibridar los compuestos con fibras naturales y fibras convencionales.

**Palabras clave:** materiales en la construcción, celulosa vegetal, propiedades, sostenibilidad ambiental, hibridación.

## **Abstract**

The use of materials in construction has grown significantly in recent years; That is why the application of vegetable cellulose for the manufacture of these has become a sustainable alternative due to its abundance, low cost and low energy consumption for its production; in addition to the physical and mechanical properties that each material acquires. The objective of this research was to analyze the use of vegetable cellulose in construction materials with a perspective of environmental sustainability in developed countries. An extensive review of 24 research articles by different authors was carried out that applied vegetable fibers in different construction materials such as: cementitious composites, concrete, plaster, panels, thermal insulation materials, even hybridization with natural and conventional fibers; among others. Of these articles, 27 vegetable celluloses used in construction materials are identified; Furthermore, it is synthesized that the direct use of natural fiber composites can present potential challenges such as low mechanical resistance, low thermal stability, among others, that to improve these deficiencies it is often better to hybridize the composites with natural fibers and conventional fibers.

**Keywords:** building materials, plant cellulose, properties, environmental sustainability, hybridization



# **I. INTRODUCCIÓN**

El uso de la celulosa o fibra vegetal como material básico en los materiales de construcción, es un retorno a las antiguas civilizaciones de hace siglos. En Egipto, hace 3000 años, las paredes, muros de contención y techos, fueron construidas a base de arcilla, reforzadas con paja. Recientemente, una nueva conciencia social y ambiental ha empujado al campo científico a innovar sobre soluciones sostenibles para el ambiente, reduciendo el abatimiento de los recursos petroleros; de esta manera, a mediados del siglo XX, las fibras vegetales se han utilizado como refuerzo y compuesto adecuado en muchos campos de la construcción (Campilho, 2016).

La industria de la construcción es responsable de generar impactos negativos ambientales; tales como, la degradación del ecosistema, contaminación del aire, agua y suelo. (Vieira et al., 2016). Además, agota los recursos naturales limitados y emana significativas cantidades de gases del efecto invernadero; por ejemplo, representa directamente el 23 % de las emisiones a nivel global de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Este sector, tiene un rol muy importante en el ascenso de la economía de muchos países desarrollados; por lo tanto, las actividades relacionadas al avance no pueden paralizar. (Huang et al., 2018).

Por otro lado, este sector consume mucha energía. Los países desarrollados, enfrentan serios dilemas sobre el uso de electricidad y de aspectos ambientales. Reflexionar sobre el gasto de energía y promover el uso de materiales con bajo impacto ambiental negativo, son medidas que se deben tomar para enfrentar y frenar la degradación del medio ambiente; así como, el abatimiento de los recursos energéticos. (Belakroum, R., et al., 2018). Cabe mencionar, que esta industria gasta aproximadamente un tercio de energía en todo el planeta; de esta manera, se emite carbono al calentar, iluminar y enfriar los edificios u otras infraestructuras, así como también, en los procesos para la obtención de materiales convencionales para la construcción. (WGBW, 2019).

Por consiguiente, la necesidad de mitigar el impacto negativo ambiental producido por el uso y procesos de los materiales convencionales en esta industria ha motivado a realizar distintas investigaciones basadas en materiales y/o compuestos no convencionales alternativos, reforzados de manera eficiente con fibras vegetales; ya sea, con la celulosa para un desarrollo sostenible ambiental (Sánchez, M., et al., 2019).

Por lo tanto, es necesario encontrar soluciones ingeniosas para este problema de insostenibilidad de rápido crecimiento del sector construcción que recurre a la producción de elementos que contaminan el medio ambiente. La extracción de celulosa de diferentes plantas de muchos desechos agrícolas se está aplicando como alternativas de refuerzo o compuestos de ladrillos, cemento, madera, revestimiento, entre otros materiales para el avance de esta industria.

Por lo expuesto, se tiene como problema principal en esta investigación, conocer ¿Cuál es el uso de la celulosa vegetal en los materiales de construcción para lograr una sostenibilidad ambiental en países desarrollados?, para ello, es necesario saber, ¿cuáles son las diversas fuentes de celulosa vegetal que pueden ser usadas en los materiales de construcción que logran una perspectiva de sostenibilidad ambiental en países desarrollados?, por otro lado, ¿cuáles son las propiedades de la celulosa vegetal en los materiales de construcción que logra una perspectiva de sostenibilidad ambiental en países desarrollados?

El uso de la celulosa en el sector construcción representa un reto atractivo para el futuro, la aplicación de estas, son renovables en este campo; de este modo, se promete una sostenibilidad ambiental en países desarrollados, reemplazando las fibras sintéticas tóxicas que provocan muchas veces daños significativos para el medio ambiente, por la celulosa de las plantas, que actúan amigables con el entorno ambiental sin generar impactos negativos a lo largo de su utilización en el material. (Vinod A, *et al.* 2019)

En el presente trabajo de indagación, se realiza con la convicción de otorgar información sobre la posibilidad de utilizar materiales alternativos en la industria de construcción, a base del uso de celulosa, que tentativamente es más económica en comparación de la elaboración en materiales convencionales; siendo así, una gran inversión para el desarrollo sostenible en países desarrollados. Además, los países tendrán la oportunidad de consumir su propio reino vegetal para la elaboración de estos materiales.

Por otro lado, la demanda de viviendas incrementa a nivel mundial, y con ayuda de la tecnología, los países desarrollados avanzan en construir más edificaciones,

dejando de lado a la población con menor recursos económicos. El uso de la celulosa vegetal da un aporte de oportunidad en el sector social con carencias económicas para que puedan emprender en levantamiento de edificaciones a un costo menor; es por ello, que se busca opciones que mejoren los materiales de construcción para el alcance de todos. Además, de innovar en alternativas el uso de compuestos no convencionales y resistentes de buena calidad que cooperen con el medio ambiente, por este motivo las fibras vegetales se encuentran en la mira de un futuro sostenible.

En esta investigación, el objetivo principal es analizar el uso de la celulosa vegetal en los materiales de construcción con una perspectiva de sostenibilidad ambiental en países desarrollados. Así como también, se tiene como objetivos específicos: Determinar las diversas fuentes de celulosa que se usa para los materiales de construcción que ofrece una perspectiva de sostenibilidad ambiental, e identificar las propiedades de la celulosa vegetal que se usa en los materiales de construcción y lograr una perspectiva de sostenibilidad ambiental en países desarrollados.

Este estudio se realiza a base de una extensa revisión bibliográfica de artículos que pertenecen a diferentes autores. Así mismo, cada avance de este escrito está comprendido en una serie de antecedentes, teorías, metodología, resultados, conclusión y recomendaciones sobre el tema tratado.

## **II. MARCO TEÓRICO**

Los materiales de construcción que componen celulosa de diversos vegetales o están hechos a base de estas; son beneficiosos para el medio ambiente. En estos últimos años en varios países se aplica fibras vegetales como compuestos o refuerzos en los materiales de este sector. A continuación, se plasma estudios previos del uso de fibra vegetal en distintos materiales en la industria de construcción.

En el estudio de Olacia, E., *et. al.*, (2020), se usa fibras de algas marinas, como material de refuerzo de ladrillos de adobe, el cual se compararon con los adobes de paja. Ambas muestras se realizaron con distintas cantidades y longitudes. Además, se incluyeron pruebas de absorción de agua; así como también, de la resistencia a la tracción, posteriormente fueron sometidas a pruebas térmicas y mecánicas. El adobe de paja resultó tener más resistencia a la tracción y absorción; sin embargo, en el compartimiento mecánico no es eficiente. En cuanto a las algas marinas se demostró ser más adecuada en comportamiento mecánico y conductividad térmica, siendo un producto de construcción sostenible y de valor agregado.

También existe otro estudio realizado por Hernández, O., *et. al.*, (2020) con fibras de bagazo de caña, relleno con cemento, yeso y cáscara de arroz para la elaboración de compuestos cementosos. Para la extracción de esta celulosa, se ahumó las tierras, y luego se hizo el lavado con agua dulce para ser secado a horno a 103 °C. Se obtuvieron propiedades físicas y mecánicas de los componentes y compuestos. Además, ocurrió un envejecimiento acelerado de los compuestos del CO<sub>2</sub>, absorción de agua. Por lo tanto, se demuestra que es factible fabricar compuestos cementosos con estas fibras para los edificios, considerando un volumen alto de estas fibras.

Así mismo, Bello *et. al.*, (2019), en su investigación usa tipos de fibra (sisal, microfibras de pulpa de eucalipto y polipropileno) en un suelo estabilizado activado con álcali, utilizando la técnica de extrusión. Se determina sus propiedades físicas. Con respecto a las fibras lignocelulósicas, los refuerzos de fibra de sisal produjeron el resultado más notable con la mejoría estadísticamente significativa más alta en la resistencia a la flexión (79% en relación con la matriz no reforzada) en

comparación con los materiales compuestos reforzados con microfibras de pulpa de eucalipto. La densidad de empaquetamiento mejorada y la reducción concomitante en la absorción de agua asociada con los compuestos reforzados con fibra de sisal se atribuyeron a las interacciones sinérgicas entre las fibras de sisal y la matriz activada con álcali.

Por otro lado, en el trabajo experimental de Hechem, Z., *et.al.*, (2019), se tuvo como objetivo evaluar los fenómenos de absorción de humedad a múltiples escalas dentro de un material compuesto unidireccional de base biológica reforzado con fibras de lino. Se ha estudiado el efecto de la fracción de fibra, el agente de acoplamiento y la humedad relativa sobre la cinética de difusión. Las muestras se sometieron a envejecimiento húmedo a 75% y 95% de humedad relativa (HR) a temperatura ambiente de 23 ° C. Los resultados mostraron un aumento significativo de la absorción de humedad con el aumento del contenido de fibra y la humedad relativa. De hecho, las muestras reforzadas con un 40% de contenido de fibra de lino absorben hasta un 9,15% de humedad a una saturación de 95% de HR, mientras que las muestras reforzadas con un 20% de contenido de fibra de lino solo absorben 4,91% de humedad en la misma condición de HR. Sin embargo, con la adición de un agente de acoplamiento, los compuestos sufren una disminución en la absorción de humedad debido a una adhesión mejorada en la interfaz fibra / matriz.

Continuando con el estudio de Hechem, el contenido de humedad de las muestras reforzadas con 40% de fibra de lino se ha reducido a 7,52% a 95% de HR debido a la adición del agente de acoplamiento. Los resultados obtenidos destacan que una vez que las fibras se incorporan dentro de la matriz, la propiedad macroscópica general del material compuesto no siempre satisface la ley clásica de la mezcla, incluso para la capacidad máxima de absorción de humedad. De hecho, se ha concluido que la diferencia entre los resultados experimentales y los del método de homogeneización se debe principalmente a un acoplamiento hidromecánico, inducido por el efecto de contención que la matriz ejerce sobre las fibras. Esta predicción depende en gran medida del contenido de fibra.

Además, Zongo, L. y Konin, A., (2018). Llevaron a cabo pruebas para la fabricación

de compuestos cementosos a base de *Borassus Aethiopum* Mart, comúnmente llamado fibras de rinoceronte junto con las cascarillas de arroz, el cual se logra obtener una proporción perfecta en las partículas de biomasa y en el contenido de agua que llevaron a óptimas propiedades mecánicas y físicas del material. La potencia mecánica es mayor con el aumento del volumen de las fibras. Además, como resultados finales contrastaron que tanto las propiedades físicas y propiedades mecánicas de las fibras de rinoceronte son superiores que el material hecho por cascarilla de arroz.

Así mismo, Belakroum, R., *et al*, (2018), usó la fibra vegetal a base de palmera datilera y la lima como aislante térmico para contribuir a la valorización de los recursos naturales sostenibles. En este estudio se define algunas propiedades mecánicas, acústicas, térmicas y capacidad de amortiguación de humedad de la fibra con cal. En los resultados se observaron que la conductividad térmica de fibra/cal, alcanzó un mínimo de 0.091 W/mK para muestras de fibra al 50%, lo que indica que puede usarse como un buen aislante térmico, con relación a la absorción acústica, revela una buena capacidad también para el 50% de fibra, para frecuencias medias y altas 0,65 y 0,55 respectivamente. Además, debido a su morfología porosa, este material propuesto tiene la capacidad de absorber vapor de agua en un ambiente de alta humedad relativa y restaurarlo en un ambiente seco; por lo tanto, también podría usarse como un regulador higiénico. En todo caso, el material se califica como bueno o excelente según la cantidad de fibra.

Es importante dar a conocer estudios realizados anteriormente, para poder brindar iniciativa de conocimiento. Continuando con la elaboración del presente trabajo, se da a conocer teorías en base al desarrollo del tema para poder brindar al lector refuerzo en la revisión de este escrito.

La celulosa vegetal es una fuente altamente renovable para su aplicación en la industria constructiva, en ese sentido se menciona que la pared celular de toda planta consta de tres polímeros: lignina, hemicelulosa y celulosa, sin embargo, la composición variará de acuerdo con el tipo de especie con el que se desea trabajar. (Phanthong, P. *et al.*, 2018. p.3) Por otro lado, en una publicación realizada por la Enciclopedia Británica – revista de investigación sostiene que, la celulosa

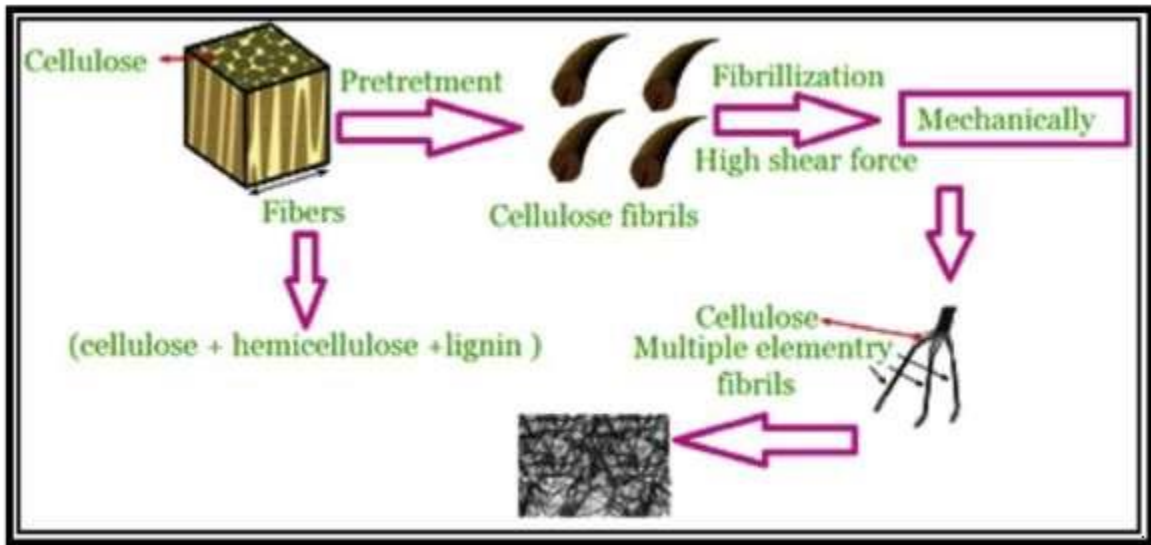


comprende aproximadamente un 33% de toda la materia vegetal y de ellas son clasificadas como eficientes el algodón con 90% de celulosa y la madera con 50% de celulosa, siendo los más abundantes compuestos orgánicos naturales. (Anderson, M. *et al.* 2019. párr. 1)

La nanocelulosa son filamentos o polímeros de celulosa que posee una dimensión en un rango de nanoescala y que puede obtenerse mediante tratamiento químico o mecánico de la pulpa de madera o celulosa vegetal, [...] la nanocelulosa vegetal actualmente ha ido llamando el interés científico, ello por sus características de resistencia mecánica y naturaleza sostenible. (Raghvendra, Mishra; Arjun, Sabú y Santosh, k. 2018. p. 8) en ese sentido, investigadores de loquímicas, web de investigación, sostienen que los biopolímeros son materiales que buscan sustituir en sus aplicaciones a los tradicionales plásticos de carácter fósil a uno con propiedades de bajo costo ambiental, bajo consumo energético en su producción y múltiples aplicaciones a nivel industrial. (loquímicas. 2018. párr. 2)

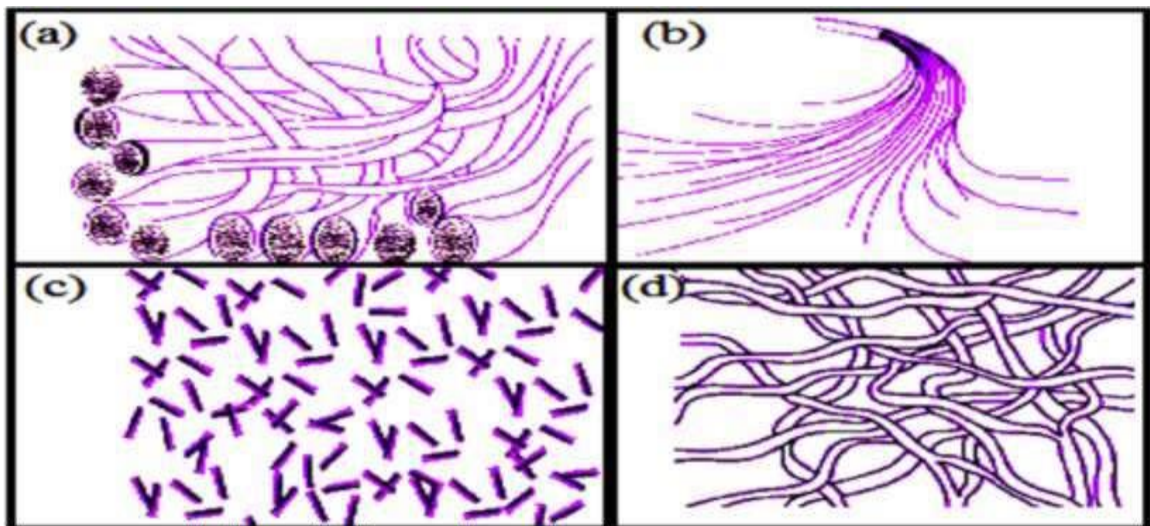
Por otra parte, la colaboradora de la revista científica Livesciencie menciona que, dentro del proceso para la obtención de fibras naturales encontramos las proteínas, polisacáridos que abarcan una serie de compuestos como las azúcares complejas, la celulosa vegetal y la quitina en organismos como los hongos, así mismo, también contamos con los más conocidos como el caucho y la madera y una serie de aplicaciones que busca ampliar sus aplicaciones. (Radford, A. 2017. párr. 3) En ese sentido, la importancia del proceso para obtener la celulosa fibrilada o fibras de madera que se obtiene a partir de la misma mediante el tratamiento mecano químico de la pulpa de madera, [...] y se diferencia de la microfibrilada básicamente en el tamaño; ya que, esta última poseen un diámetro mayor que los nano fibrilado, siendo importante esta comparación para las utilidad y aplicación que se la vaya a dar al producto. (Raghvendra, Mishra; Arjun, Sabú y Santosh, k. 2018. p. 10) En ese sentido las siguientes figuras muestran de manera gráfica la composición de la celulosa, el proceso de obtención de la celulosa fibrilada y los tipos de nanocelulosa.

**Figura N° 1:** Esquema de la celulosa fibrilada



*Fuente: Raghvendra, Mishra; Arjun, Sabú y Santosh, 2018*

**Figura N° 2:** Diversos tipos de nanocelulosa, a) Fibra de celulosa, b) Celulosa microfibrilada, c) Celulosa nanocristalina, d) Nanofiltros de celulosa.



*Fuente: Raghvendra, Mishra; Arjun, Sabú y Santosh, k., 2018*

Así mismo, La nanocelulosa posee una variedad de enlaces de hidrógeno lo que a su vez destacan las fibras de celulosa que se caracterizan por sus excelentes propiedades físicas y mecánicas, lo que la hace altamente competitivo en la aplicación para materiales de construcción; así como, para aislantes térmicos en grandes edificaciones y así optimizar el uso de energía de manera eficiente. (Phanthong, P. *et al.*, 2018. p.3); por consiguiente, una aplicación de gran relevancia es la indagación desarrollada por investigadores de la Universidad de Lancaster, Inglaterra, liderado por el profesor Mohamed Saafi, quienes están en proceso de obtención de “nanoplaquetas” a partir de hortalizas desechadas en mercados como las propiedades de la zanahoria, la cual busca incluir aditivos biodegradables para mejorar el endurecimiento de la pintura en la superficie al secarse. (Quesada, D., 2019. párr. 3)

En ese sentido, los investigadores de la universidad de Lancaster-Inglaterra también buscan probar las propiedades de las nanoplaquetas de fibra de celulosa en la fabricación de hormigón con excelente resistencia; es por ello, que en sus primeros resultados han logrado demostrar que 500 gramos de plaquetas reducen en unos 40 kg de cemento por m<sup>3</sup> de hormigón, lo que a su vez representa un ahorro del 10%, tomando en cuenta que el producción total de cemento a nivel mundial representa un 5% de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) emitidos a la atmósfera. (Quesada, D. 2019. párr. 4)

Por otro lado, Liangbing, Hu y Teng, Li. Investigadores de la universidad de Maryland (EE. UU.) tratan de crear una súper madera mediante el procedimiento de la extracción de lignina, polímero orgánico que brinda rigidez a la planta, de la pulpa de madera mediante la adición de hidróxido de sodio y sulfato de sodio, lo suficiente para comprimir lo necesario los bloques de madera y así obtener unas maderas con capacidades de soporte similar y/o igual que el titanio, las cuales son utilizadas en componentes aeroespaciales de alta resistencia. (Quesada, D. 2019. párr. 6). En ese sentido, la búsqueda de materiales para la industria relacionada a la construcción a base de celulosa vegetal es muy prometedoras por sus bajos costos económicos fácil adquisición y amigable con el ambiente.

Otro aislante térmico utilizado comúnmente el Poliuretano (alcoholes que contienen múltiples grupos hidroxilo) y que recientemente está se está dando su aplicabilidad como poliuretano de base biológica destacando debido a la base de aceite de ricino [...] después de su creación estas espumas de bioingeniería se usaron para caracterizaciones microestructurales, mecánicas y térmicas. (Jdayil, Basi Abu. 2019. p. 6). Así mismo, Jdayil, Basi Abu menciona que, en los estudios realizados y puestos en prueba sobre la inflamabilidad del nano compuesto, logrando resultados muy alentadores debido a que poseían un alto grado de retardo en el fuego lo que ayudaría aún más en su aplicabilidad en los materiales de construcción y en las mismas edificaciones. (2019. p. 6)

### **III. MÉTODO**

### **3.1 Tipo y diseño de investigación**

La indagación presente, es de tipo aplicada. Según Hernández, (2010), la investigación de tipo aplicada cumple propósitos fundamentales, en esencia, permite resolver problemas y conocer lo que nos rodea siendo de un carácter universal, (pp. 27). En el presente estudio se utilizó la investigación aplicada; ya que, en el desarrollo existe interés en aplicar conocimientos teóricos a una situación concreta; además, se buscó conocer, revisar información relacionados a esta investigación para plasmar la finalidad de este escrito.

El diseño de investigación es cualitativo narrativo de tópicos. El diseño narrativo recopila información sobre historias y experiencias de determinados individuos para describirlos y analizarlos (Creswell, 2005). En cuanto, al diseño que caracteriza este estudio, “diseño cualitativo narrativo de tópicos”; pues este está enfocado en una temática, suceso o fenómeno que fue descrito y analizado, (Mertens, 2005). Es decir, este trabajo se enfocó en recolectar base de datos para poder conocerlos, analizarlos y describirlos.

### **3.2 Categorías, subcategorías y matriz de categorización apriorística**

**Tabla N° 1:** Matriz de categorización apriorística

Título: Una revisión del uso de la celulosa vegetal en los materiales de construcción: una perspectiva de sostenibilidad ambiental en países desarrollados								
OBJETIVO GENERAL	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	PROBLEMAS ESPECÍFICOS	CATEGORÍA	SIBCATEGORÍA	CRITERIO 1	CRITERIO 2	CRITERIO 3	CRITERIO 4
Analizar el uso de la celulosa vegetal en los materiales de construcción con una perspectiva de sostenibilidad ambiental en países desarrollados.	Determinar las fuentes de celulosa vegetal que se usa para los materiales de construcción que ofrece una perspectiva de sostenibilidad ambiental	¿Cuáles son las fuentes de celulosa vegetal usadas en los materiales de construcción que logran una perspectiva de sostenibilidad ambiental en países desarrollados?	Fuentes de celulosa vegetal <i>Syyma, M., et al. (2019. pp.7)</i>	-Hortalizas (zanahoria)  -Gramíneas (caña de azúcar, paja de arroz)  -Especies forestales.  - Cocos nucífera (coco)  -Malváceas (algodón) <i>Hernández, F et. al. pp.1 (2020)</i>	Por su procedencia	Por la diversidad de especies.	Por el costo económico	Por el lugar de cultivo
	Identificar las propiedades de la celulosa vegetal que se usa en los materiales de construcción y logra una perspectiva de sostenibilidad ambiental en países desarrollados	¿Cuáles son las propiedades de la celulosa vegetal en los materiales de construcción que logra una perspectiva de sostenibilidad ambiental en países desarrollados?	Propiedades de celulosa vegetal <i>Benaimche, O, (2019 pp.13)</i>	-Propiedades térmicas  -Propiedades mecánicas  -Propiedades de aislamiento de ruido. <i>Krishnasamy, S.et al., pp. 1 (2019)</i>	De acuerdo con el uso que se da en la construcción.	De acuerdo con la cantidad de fibra de la celulosa vegetal usada.	De acuerdo con el tipo de especie seleccionada.	Por sus condiciones biodegradabilidad

### **3.3 Escenario de estudio**

Esta investigación mantuvo como escena de estudio a los países desarrollados; es decir, toda información obtenida es de países industrializados y/o latinoamericanos, en el cual el desarrollo para obtener materiales no convencionales referente a la construcción fue realizado en laboratorios, suelos de cosechas. Las siguientes celulosas fueron experimentadas en los laboratorios: algas marinas (Olacia, E., *et. al.*, 2020), fibras de caña de bagazo (Hernández, F., *et. al.* 2020), sisal y pulpa de eucalipto (Bello, K., 2019), fibras de lino (Hechem, Z., 2019), fibras de rinoceronte (Zongo, L., 2018) y fibra de palmera datilera (Belakroum, R., 2018).

### **3.4 Participantes**

En esta investigación se consideró la búsqueda de textos tales como: artículos de investigaciones realizadas en países desarrollados en los portales como: Web of science; Elsevier, Livescience, Scielo; así como también libros, capítulos de libro, investigaciones adquiridas de fuentes como: EBSCO, ProQuest, Hinari, Pubmed, etc. Elsevier es una base de datos que indexa 22,878 revistas peer- reviewed (Cantín, M., 2015). Por lo tanto, es la mayor base de datos multidisciplinar existente.

### **3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

En el desarrollo de esta etapa, se contó con la técnica de análisis documental, denominada como investigación y elección de fuentes de información relacionadas a la problemática planteada en el estudio. (Bernardo, 2010, p. 2). Se elaboró fichas de análisis de contenido como instrumento. Además, según Hernández, Fernández y Baptista, (2014), mencionó que en la investigación cualitativa el instrumento de recolección de datos se basa en herramientas que documentan la información recopilada, con el objetivo de comprenderlos, analizarlos, responder los cuestionarios planteados en la investigación y concebir conocimiento (p. 397).

Por lo tanto, el instrumento que se utilizó para la recolección de datos fue la ficha de análisis de contenido. Estas fichas facilitaron el suceso de recopilación de información; de tal manera, que se organiza la información y facilita el proceso de



análisis en el momento oportuno; siendo así, ahorrará tiempo al lector (Igartua, 2006). **Anexo 1:** Ficha de análisis de contenido

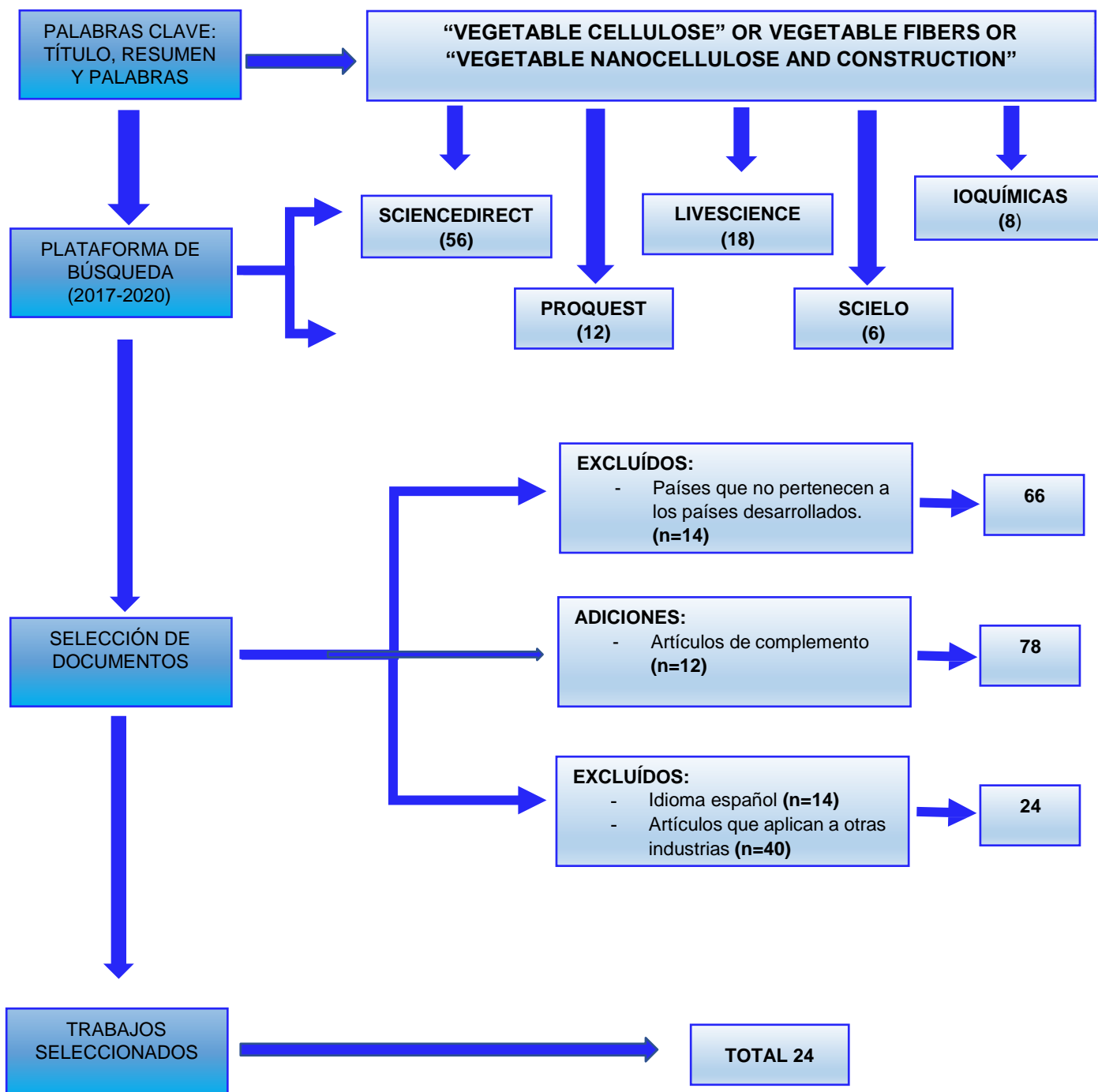
### 3.5.1 Descripción de la ficha de contenido

- **Título:** se colocó el título del artículo seleccionado de acuerdo con la investigación, todos los títulos serán en inglés.
- **Año de publicación:** se consideró el año de publicación del artículo.
- **Lugar de publicación:** se situó el país donde fue realizado el estudio, en caso indique ciudad, también se considerará.
- **Autor (es):** se mencionó a todos los autores partícipes en la elaboración del artículo científico seleccionado.
- **Palabras claves de búsqueda:** se mencionó las palabras claves usadas para buscar el artículo científico, todas las palabras claves serán en inglés.
- **Palabras claves de artículo:** se tipificó todas las palabras claves que los autores consideraron en dicho artículo científico seleccionado.
- **Fuente de celulosa:** se indicó el nombre de la fuente del cual fue extraído la celulosa vegetal en el estudio del artículo científico seleccionado.
- **Propiedades del material de construcción:** se mencionó las propiedades que adquiere el material de construcción tras el experimento seleccionado.
- **Descripción del aporte al tema:** se describió de qué manera y cómo la investigación seleccionada contribuye con el presente estudio.
- **Resultados:** se mostró el resultado de la investigación seleccionada.
- **Conclusión:** se plasmó la conclusión a la que llegaron los autores de dicho experimento.

### .3.6. Procedimientos

A continuación, se presenta el diagrama de bloques que corresponde al trabajo de investigación donde se especifica la selección de los artículos conformados por criterios de inclusión y exclusión

Figura N° 3: Diagrama de Organización de información



Según la figura N°3, para definir la cantidad de base de datos utilizados en la presente revisión sistemática de investigación se procedió a identificar los diferentes tipos de artículos y fuentes confiables, de ellos resalta la revista científica Sciedirect con 56 artículos seleccionados, Livesciencie, loquímicas, Proquest y Scielo con 18, 8, 12 y 6; respectivamente. Siendo un total de 100 artículos.

Además, para la selección de textos en general se consideró criterios de inclusión como: año de publicación entre el 2017 y 2020; así como también, los títulos y palabras claves, y por último otros documentos de referencias bibliográficas relacionados al estudio en desarrollo. Por otro lado, respecto a los criterios de exclusión, se tomó los textos que no fueron aplicados en los países desarrollados; también aquellos que no se enfocaron en la industria de construcción.

Finalmente, se realizó el proceso de selección de base de datos cumplimiento los lineamientos de los criterios de inclusión plasmados y quedaron 24 artículos para el desarrollo del estudio, tal como se muestra en el diagrama de organización de información.

### **3.6 Rigor científico**

El presente estudio corresponde a una investigación de enfoque cualitativo, en donde se manejó criterios específicos para evaluar la calidad científica. Estos criterios ayudarán a entender el desarrollo de la información obtenida, a través de la coherencia que transmite la estructura del estudio en relación con cada uno de los puntos o aspectos que contienen; de esta manera, todo el dato pueda acomodarse de manera óptima y con criterios de calidad enlazado debidamente, con la única finalidad de comprender el procedimiento en toda su extensión y complejidad.

Los criterios más usados para apreciar la calidad científica en una investigación de enfoque cualitativo y rigor científico son: criterio de la dependencia, criterio de la credibilidad, criterio de la auditabilidad y criterio de la transferibilidad. (Martens, 2005). De esta manera, se respalda la investigación cualitativa elegida y desarrollada por los autores; ya que, contrasta cierta confiabilidad y validez al representar cada criterio según el desenlace e ilación del tema.

La dependencia, también denominada consistencia lógica es la etapa en que cientos de indagadores aglomeran datos y/o información similar en el campo y realizan el mismo paso de análisis para generar resultados semejantes. Además, existen dos categorías de dependencia, una es denominada dependencia interna, en la que los distintos investigadores, por lo menos dos de ellos, generan temas similares con la misma información o datos; mientras que la dependencia externa requiere que los diversos indagadores investiguen temas similares en el mismo periodo y ambiente, pero cada uno de ellos obtendrá sus propios datos. (Franklin y Ballau, 2005).

Para mantener una calidad científica favorable en este estudio, se consideró el criterio de la dependencia de clase interna; ya que, de parte de dos autores se recolecta datos similares para analizar y llegar a la misma síntesis. Además, es importante revisar la sistematización en la compilación de datos y en el análisis cualitativo para hacer efecto este criterio y continuar con la coherencia de la investigación. (Hernández, Fernández y Baptista, 2006).

Por otro lado, el criterio de la credibilidad implica la valoración de las situaciones en las cuales un estudio puede ser reconocido como creíble, para ello, fue necesario la búsqueda de argumentos veraces y fiables que puedan ser exhibidos en los resultados de la investigación efectuada, en conformidad con el proceso dirigido en la investigación (Suárez, M., 2007). En el desarrollo y/o resultados esta investigación los participantes lo reconocen como veraces; ya que, se ha revisado y sintetizado cada información de diferentes autores, llegando a similares contenidos.

Así entonces, este criterio del método cualitativo es la aproximación de los productos de una indagación frente al fenómeno u objeto observado. Según Reeves, (2000), el investigador debe convertirse parte de las circunstancias para hallar lo que sienten las personas y sumergirse en las realidades de estas con la finalidad de identificarse con el proceso del estudio y así al mismo tiempo, mantenerse distante.

Mientras el criterio de la auditabilidad, también llamado confirmabilidad, indica que la neutralidad en la interpretación y el análisis de la información se obtiene cuando otros autores o investigadores siguen “la pista” para llegar a hallazgos iguales o similares, Arias, M., (2011). Para este criterio se contrasta la información y resultados recopilados de diferentes artículos; a su vez se realiza transcripciones textuales de la base de datos seleccionadas para esta investigación.

Además, se identificó y describió los alcances y limitaciones de los investigadores; tal como se menciona en la siguiente cita: Según Noreña, A., 2012, la confirmabilidad permite entender el rol del indagador durante e identificar sus limitaciones y alcances durante el trabajo en campo; de esta manera, controlar las posibles críticas y juicios que ocasiona el fenómeno o los sujetos partícipes.

Por último, el criterio de la transferibilidad comprende sobre la posibilidad de ampliar los resultados de la investigación a otras poblaciones, Castillo, E., y Vásquez, L., (2003). Para la presente investigación, los resultados no serán generalizados; sino transferibles; a través de la exhaustiva recopilación de datos e información sintetizados de los estudios seleccionados.

En la investigación cualitativa el lector o audiencia del escrito investigado son los que deciden y determinan si pueden trasladar la información a un contexto distinto de la investigación. Para ello es necesario la descripción del lugar y características de los participantes donde el fenómeno fue estudiado. Por lo tanto, la transferibilidad es una función de la similitud entre los contextos, Salgado, (2007). En el caso del presente estudio, la audiencia interesada será la que decida si se transfiere o no la información de este documento para plasmarlo en su tema de interés.

### **3.7 Método de análisis de información**

El procedimiento de análisis de información se rigió de acuerdo con las categorías y subcategorías bajo cuatro criterios de cada una de estas, Tabla N°1. En base a la primera categoría sobre las fuentes de celulosa, se realizó el análisis de contenido y resultados de los artículos científicos que se seleccionaron, enfocado a los criterios

establecidos denominados por su procedencia, por la diversidad de especies, por el costo económico y por el lugar de cultivo.

Finalmente, en la segunda categoría se rigió por el mismo proceso para el análisis de la información. Esta categoría compete a las propiedades de la celulosa vegetal, teniendo como criterios según el uso que se le da en la construcción, de acuerdo con la cantidad de fibra de la celulosa vegetal usada, de acuerdo con el tipo de especie seleccionada y por sus condiciones de biodegradabilidad.

### **3.8 Aspectos éticos**

El presente estudio cuenta con los requerimientos del Código de Ética de la Universidad César Vallejo exigidos en la metodología, diseño y en los aspectos éticos. En cumplimiento de lo estipulado en dicho código se respetaron todas las medidas implementadas, en ese sentido, las citas fueron redactadas respetando la autoría y fuentes de información de los diferentes autores, organismos, entre otras entidades de investigación; además, se citaron cumpliendo con los requerimientos internacionales como la ISO 690, el cual es tomado como referencia por del código de la universidad César Vallejo.

Por otro lado, para la aplicación del proyecto en estudios posteriores fue fundamental tomar en cuenta lo estipulado en el artículo 13° del Código de Ética de la universidad, con lo que respecta al trabajo con plantas, para ello, se deberá priorizar el respeto por la biodiversidad y protección del medio ambiente, así mismo, se deberá tomar las medidas necesarias para evitar daños ambientales y en caso de la existencia de dudas sobre los posibles impactos se deberá aplicar el principio de precaución. (Universidad César Vallejo, 2017, pág. 7)

Otro aspecto fundamental para tomar en cuenta fue lo establecido en el Artículo 15° sobre la política anti-plagio, teniendo en conocimiento que dicho acto en un delito, para lograr el cumplimiento de la norma universitaria se cuenta con el programa de evaluación de trabajos de investigación – Turnitin, el cual permite un control sobre las similitudes que existen con diferentes fuentes de consultas. (Universidad César Vallejo, 2017)

## **IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

A continuación, se muestra los resultados con sus respectivas discusiones; de acuerdo, al estudio que se realizó.

**Tabla N° 2:** La celulosa vegetal aplicado en los materiales de construcción

N°	Celulosa y/o fibra trabajada	Material de construcción implementada	Propiedades	¿Proceso Sostenible?	País y año	Autor
1	Paja de centeno, cebada, trigo sarraceno, avena, arroz, fibra de: lino, yute, ortiga, cáñamo, coco y algodón	Placas de aislamiento térmico.	Físicas y mecánicas	SÍ	Portugal - 2018	Gaspar, F., <i>et. al.</i>
2	Bagazo de caña de azúcar	Refuerzo en la matriz de cemento.	Mecánicas	SÍ	Cuba - 2017	Fernandez, J. y Diaz, N.
3	Curauá	Compuestos cementosos	Mecánicas	SÍ	Brasil - 2020	Teixeira, R., <i>et. al.</i>
4	Bagazo y Cáñamo	Compuestos cementosos	Mecánica y térmica	SÍ	España, 2019	Ruano, G. <i>et. al.</i>
5	Vaina de guisante	Aislantes térmicos	Conducción térmica	SÍ	Argelia - 2019	Djelloul, A., <i>et. al.</i>
6	Fibras de escoba de palma de aceite	Cemento y compuestos poliméricos	Físico- mecánico	SÍ	Reino Unido - 2020	Momoh, E., <i>et. al.</i>
7	Fibra de Luffa	Compuesto de poliéster	Físico - mecánico	SÍ	India - 2020	Kalusuraman, G., <i>et. al.</i>
8	Cáñamo, Lino, entre otras	Hibridación (Compuestos híbridos y fibras vegetales)	Físico - mecánico	SÍ	India 2020	Rakesh, P., <i>et. al.</i>
9	Fibras de coco y cuarcita	Fibrocemento por extrusión	Físicas - mecánicas	SÍ	Brasil 2020	Tavares, T., <i>et. al.</i>
10	Fibras de cáñamo	Refuerzo de yeso	Físicas - mecánicas	SÍ	Italia - 2019	Lucolano, F., Boccarusso, L. Y Langella, A.
11	Pulpa de Pino y eucalipto	Refuerzo compuesto cementoso	Rendimiento Mecánico	SÍ	Brasil, 2017	Mejía, J. <i>et. al.</i>



12	Guadua	Compuestos de paneles	Física y mecánicas	SÍ	Colombia, 2019	Sánchez, Ml, Capote, G. y Carrillo, J.
13	Paja de arroz	Muros de construcción	Térmica, aislamiento acústico	SÍ	Portugal, 2019	Marques, B., <i>et. al</i>
14	Juncus acutus	Aislantes térmicos	Física y mecánica	SÍ	Francia, 2019	Omrani, H. <i>et. al</i>
15	Bagazo de caña de azúcar	Compuestos cementosos	físicas y mecánicas.	SÍ	España, 2020	Hernández, F., <i>et. al</i>
16	Palmera datilera	Refuerzo de mortero cementoso	Físico, mecánicas	SÍ	Italia, 2019	Vantadori, S. <i>et. al</i>
17	Hydrangea Macrophylla o Hortensia	Biomaterial de aislamiento térmico	Mecánicas, absorción de humedad	SÍ	Chile, 2020	Cárdenas, R.
18	Bambú y resina vegetal	Paneles	Físicas, mecánicas	sí	Colombia, 2017	Sánchez M., <i>et. al</i>
19	Cáñamo	Mortero de cemento	Mecánicas	SÍ	Turquía, 2018	Comak, B., Bideci, A. y Salli, O.
20	Coco	Refuerzo de hormigón	Resistencia (flexión, comprensión)	SÍ	India, 2020	Syed, H., Nerella, R. y Madduru, S.
21	Plátanos y/o Banana	Refuerzo de morteros	Mecánico y aislamiento térmico	SÍ	Nigeria, 2020	Akinyemi, B. y Dai, C.
22	Sisal, microfibras de pulpa de eucalipto y polipropileno	Refuerzo de hormigón	Físicas y mecánicas	SÍ	India, 2019	Sabarish, K., Bhuvaneshwari, P. y Jones, J.
23	Posidonia Oceánica	Aislante térmico	Termofísica	SÍ	Francia, 2018	Hamdaoui, O., <i>et. al</i>
24	Palmera datilera	Mortero de cemento	Higrotérmico	SÍ	Francia, 2019	Chennouf, N., <i>et. al</i>

El cuadro detalla cada celulosa vegetal que los autores aplicaron en los materiales de construcción, enfatizando las propiedades adquiridas y asegurando una sostenibilidad en el proceso de estas.

Se obtuvieron 24 artículos originales que tenían el término «vegetable cellulose» or vegetable fibers or “vegetable nanocellulose and construction» en el título. En estos, se encontraron 27 celulosas vegetales en total (Tabla N° 3). La mayoría de los artículos empleaban una sola fibra vegetal en los materiales de construcción, excepto seis artículos que utilizaron dos o más fibras vegetales. La descripción es la siguiente: Fernandez, J.y Diaz, N. *et. al.* (2017); *Teixeira, R., et. al.,* (2020); Azzouzi, D, *et. al.,* (2019); Momoh, E., *et. al.,* (2020); Kalusuraman, G., *et. al.* (2020); Lucolano, F., Boccarusso, L. y Langella, A., (2019); Sánchez, M, Capote, G. y Carrillo, J., (2019); Marques, B., *et. al.,* (2019); Omrani, H. *et. al.,* (2019); Hernández, F., *et. al.,* (2020); Vantadori, S. *et. al.,* (2019); Cárdenas, R., (2020); Sánchez M., *et. al.,* (2017); Comak, B., Bideci, A. y Salli, O., (2018); Syed, H., Nerella, R. y Madduru, S., (2020); Akinyemi, B. y Dai, C., (2020); Hamdaoui, O., *et. al.,* (2018); Chennouf, N., *et. al.,* (2019), probaron con una sola fibra; mientras, Ruano, G. *et. al.,* (2019); Mejía, J. *et. al.,* (2017), usaron dos fibras vegetales en los materiales de construcción; sin embargo, Gaspar, F., *et. al.,* (2020); Rakesh, P., *et. al.,* (2020), aplicaron más de tres fibras: por otro lado, Tavares, T., *et. al.,* (2020); Sabarish, K., Bhuvaneshwari, P. y Jones, J. (2019); usaron más de una fibra con materiales convencionales, formando híbridos.

La mayoría de las celulosas vegetales aparecen solo una vez en los artículos seleccionados, únicamente 6 fibras vegetales repiten más de una vez en los documentos elegidos: lino, cáñamo, coco, bagazo de caña de azúcar, eucalipto, palmera datilera.

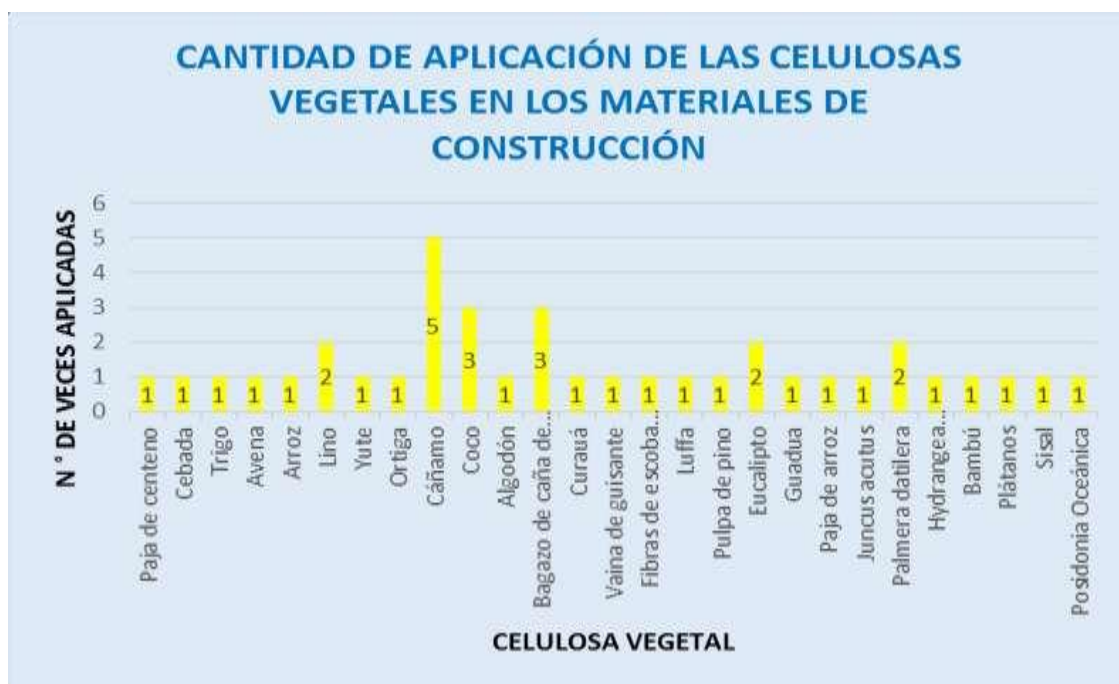
**Tabla N° 3:** Total de celulosas vegetales repetidos en los artículos

N°	CELULOSA	ARTÍCULOS CIENTÍFICOS	N°	CELULOSA	ARTÍCULOS CIENTÍFICOS
1	Paja de centeno	1	15	Fibras de escoba de palma de aceite	1
2	Cebada	1	16	Luffa	1
3	Trigo	1	17	Pulpa de pino	1
4	Avena	1	18	Eucalipto	2
5	Arroz	1	19	Guadua	1
6	Lino	2	20	Paja de arroz	1
7	Yute	1	21	Juncus acutus	1
8	Ortiga	1	22	Palmera datilera	2
9	Cáñamo	5	23	Hydrangea Macrophylla	1
10	Coco	3	24	Bambú	1
11	Algodón	1	25	Plátanos	1
12	Bagazo de caña de azúcar	3	26	Sisal	1
13	Curauá	1	27	Posidonia Oceánica	1
14	Vaina de guisante	1			

Comparando las fibras vegetales más comunes mencionados en este estudio, se encontró que solo uno es el más recurrente en los estudios experimentados de los autores: Gaspar, F., *et. al.*, (2020), Ruano, G., *et. al.*, (2019), Rakesh, P.,*et. al.* (2020), Lucolano, F., *et., al*, (2019), Comak, B, *et. al.*, (2018), siendo el cáñamo, la celulosa vegetal más utilizada, según las revisiones experimentales de la investigación presente.

Con respecto a la celulosa vegetal más aplicada en los estudios experimentales revisados en esta investigación, se identificó el número de veces que los autores utilizan las fibras en los materiales de construcción en diferentes artículos, siendo: el primero (5), el segundo (3), el tercero con (2), el cuarto (1), (Figura N°4).

**Figura N° 4:** Celulosa vegetal y veces aplicadas en los materiales de construcción en diferentes artículos científicos



En la figura N°4, se identificó las fibras de estudios realizados de diferentes autores para distintos materiales de construcción, comprometiendo a una sostenibilidad ambiental.

En la revisión realizada de la presente investigación se logró aportes de gran relevancia de los experimentos y aplicaciones que realizaron distintos autores en sus diferentes innovaciones. Se visualiza que a pesar de que cada uno aplica distintas celulosas y/o fibras vegetales para el mismo material de construcción, no todos llegan al mismo resultado; de ello se pudo resaltar discusiones, detallando las propiedades que adquiere cada material para prometer una sostenibilidad ambiental.

A continuación, estudios relacionados con celulosas vegetales para materiales de aislamiento térmico:

Gaspar, F., *et. al.*, (2018), Azzouzi, Djelloul, *et. al* (2019), Omrani, H. *et. al* (2019), Cárdenas, R., (2020) y Hamdaoui, O., *et. al.*, (2018). De los autores mencionados y sus diferentes investigaciones, se aprecia que trabajaron con distintas celulosas vegetales como: cebada, trigo, avena, arroz, fibra de: lino, yute, ortiga, cáñamo, coco y algodón; vaina de guisante, *juncus acutus*; *hydrangea macrophylla* y *posidonia oceánica*, respectivamente; de tal manera, buscaron alternativas de solución frente al grave impacto negativo en el ambiente y el incremento de residuos de muy difícil degradación natural, provenientes de los materiales de construcción tradicionales; es decir, buscaron innovar y aplicar con fuentes naturales como fibras de celulosa vegetal de diferentes especies aplicados en ciertos materiales para mejorar las propiedades físicas, mecánicas y absorción de humedad, aislamiento acústico en ambientes sin necesidad del consumo de energía. De ello se discute lo siguiente:

De acuerdo con los materiales con propiedades físicas, mecánicas y absorción de humedad implementados para la industria de la construcción resalta: Gaspar, F., *et. al.*, (2018), que en su investigación determinó que al usar las celulosas vegetales (paja de centeno, cebada, trigo, avena, arroz, fibra de: lino, yute, ortiga, cáñamo, coco y algodón), son las formas y tamaños junto con las sustancias aglutinantes utilizadas (vidrio líquido), son los que hacen que, las placas térmicas preparadas con paja de centeno y de lino tengan una alta capacidad de absorción, frente al resto de fibras utilizadas, mencionando como sustancia aglutinante el vidrio líquido. Este

material puede ser usado en edificios como aislante térmico en por su bajo impacto negativo al medio ambiente en épocas de frío. Sin embargo, Azzouzi, Djelloul, *et. al.*, (2019), se dispuso a trabajar con mezclas de yeso por su alto grado de utilidad en la construcción y reforzarlas con fibras de vaina de guisante posterior a la molienda. Para ello se experimentaron en un rango del 0 a 25% en masa al compuesto resultante en diferentes muestras, con preparados de forma cilíndrica de 25mm de diámetro por 30mm de altura, llevándose la prueba a un flujo de calor de 15W y un caudal de agua como refrigerante de 2 l/h. Logrando como resultado el incremento de la masa de fibra y reduciendo la conductividad térmica. Por otro lado, Omrani, H. *et. al.*, (2019), quien experimentó el comportamiento térmico del material con propiedades térmicas con fibra de *juncus acutus*, demostró que el aumento del volumen de las fibras conduce a una disminución significativa de la conductividad térmica.

No obstante, Cárdenas, R., (2020), mencionó que, el polímero natural obtenido a partir de *Hydrangea macrophylla* (HM) es un bioagregado de muy importante aplicación para reducir los impactos ambientales generados por la industria de la construcción, la aplicación se dio para 2 tipos de compuesto aislantes (tipo bloque y térmico soplado), logrando como resultado un excelente material de base biológica y por su compatibilidad con el comúnmente usado poliuretano, demostrando entonces la capacidad de sustitución frente a los compuestos tradicionales. y así contenga una baja conductividad térmica y mayor densidad que los materiales de aislamiento térmico convencionales. Pero, Hamdaoui, O, (2018), demostró que la fibra vegetal *Posidonia-Oceanica* tienen una conductividad y una difusividad térmica cercana a los materiales de aislamiento convencionales; además, de una mayor capacidad de calor de masa. Para estudios relacionados con fibras de celulosas vegetales para materiales de compuesto, refuerzo, matriz mortero de cemento, yeso hormigón se obtuvieron resultados de gran interés como es el caso de los siguientes autores.

Fernandez, J. y Diaz, N. *et. al.*, (2017), Teixeira, R., *et. al.*, (2020), Ruano, G. *et. al.*, (2020), Momoh, E., *et. al.*, (2020), Tavares, T., *et. al.*, (2020), Lucolano, F., Boccarusso, L. y Langella, A., (2019), Mejía, J. *et. al.*, (2017), Marques, B., *et. al.*, (2019), Hernández, F., *et. al.*, (2020), Vantadori, S. *et. al.*, (2019), Comak, B., Bideci,

A. Y Salli, O., (2018), Syed, H., Nerella, R. y Madduru, S., (2020), Akinyemi, B. y Dai, C., (2020), Sabarish, K V., Bhuvaneshwari, P. Y Jones, J., (2019), Chennouf, N., *et. al.*, (2019), quienes en sus diferentes investigaciones demostraron haber realizado estudios con distintas fibras de celulosa vegetal para aplicarlas en los materiales de construcción buscando mejoras en las propiedades físicas, mecánicas, aislamiento acústico, dando una alternativa de sostenibilidad ambiental, en el aprovechamiento de los mismos residuos de los vegetales; de tal manera, que el aporte de innovación de cada uno de los autores deba ser de gran importancia para conseguir mejores resultados que logren un eficiencia igual o mejor que las que se usa actualmente.

De ello se discute lo mencionado por Fernández, J. y Díaz, N. *et. al.*, (2017), Teixeira, R., *et. al.*, (2020) y Comak, B., Bideci, A. y Salli, O., (2018), mencionaron que al aumentar la cantidad y longitud de las fibras bagazo de caña de azúcar, curauá y cáñamo respectivamente, las propiedades mecánicas fueron óptimas en los materiales de construcción en los compuestos cementosos. Aunque, Momoh, E., *et. al.*, (2020), trabajó con fibras de escoba de palma de aceite para determinar sus propiedades físico – mecánicas en las aplicaciones de cemento y compuestos de cemento, fueron responsables de que las fibras son más rígidas en la flexión, pero poseen una gran resistencia.

Por otro lado, Tavares, T., *et. al.*, (2020), aprovechó el alto contenido de lignina en la fibra del coco para evaluar las propiedades mecánicas en el fibrocemento, el cual resulta resistente y ligero por su baja densidad, en comparación del cemento, sin embargo, también encontró deficiencias con la alta concentración de lignina (36-43%) que lo hace compatible con la absorción de agua. Pero Mejía, J. *et. al.*, (2017), evaluó los efectos físicos, químicos y morfológicos de cuatro ciclos de hornificación en la pulpa de pino y pulpa de eucalipto, tanto crudas como blanqueadas, demostrando que, el tratamiento no deteriora las características de interés de las fibras. Este proceso reduce la capacidad de absorción de agua, convirtiendo las pulpas en materiales adecuados para reforzar fibrocemento.

Por otro lado, Ruano, G. *et. al.*, (2020), aplicó las fibras de bagazo de caña de azúcar y cáñamo para la implementación de compuestos cementosos, posterior a

ello realizó la evaluación respectiva para determinar sus propiedades mecánicas y térmicas, el cual ambas fibras tienen un potencial importante como refuerzo de mortero debido a su alta resistencia a la tracción. Aunque, para el material de construcción: mortero reforzado con malla de palmera datilera, las propiedades físicas mecánicas también dependerán de la proporción del contenido de la fibra quien para su investigación utilizó concentraciones de fibra de Palmera Datilera al 2%, 4%, 6%, 8% y 10% del volumen del total de arena en medidas de 7 y 10 mm de la fibra. Vantadori, S. *et. al* (2019).

Mientras Chennouf, N., *et. al.*, (2019), con la misma fibra vegetal (Palmera Datilera) con 15% de peso de la fibra en el compuesto del mortero y con humedad relativa (HR) y temperatura controlada de 23°C y 50% de HR monitoreado por sensores posicionados a diferentes profundidades a lo largo del espesor de la pared, de ello se demostró un buen comportamiento higrotérmico en el material, con la capacidad de retener y liberar calor, dado que la pared de la fibra contribuye a atenuar y amortiguar las variaciones de la temperatura y disipar la humedad.

Sin embargo, Lucolano, F., Boccarusso, L. y Langella, A., (2019), usaron la fibra de cáñamo como sustituto de las fibras de vidrio para el refuerzo de yeso, y tanto en las pruebas mecánicas estáticas como las dinámicas demostraron que la aplicabilidad de fibra de cáñamo para compuestos a base de yeso es comparable con las fibras de vidrio, el cual, por una sostenibilidad ambiental, es buena opción reemplazar la primera por la segunda fibra. A pesar de ello, Hernández, F., *et. al.*, (2020), determinó que los compuestos reforzados con fibras de bagazo de caña de azúcar conglomerados con cemento y yeso portland y cáscara de arroz se caracterizó por la resistencia a la compresión, absorción de agua y disminución de porosidad.

En cambio, Syed, H., Nerella, R. y Madduru, S., (2020), determinó que, en un material de construcción: refuerzo de hormigón, al aumentar el contenido de la fibra vegetal de coco, la resistencia a la rotura por tracción aumenta; así mismo, disminuye la tensión de tracción. Akinyemi, B. y Dai, C., (2020), también experimentó con fibras de banano y cenizas de madera para morteros de cemento, el cual el compuesto resultó ser buen aislante térmico. el hormigón reforzado con fibra es mejor que el hormigón convencional ordinario. Mientras, Sabarish, K.,

Bhuvaneshwari, P. y Jones, J., (2019), aplicó fibra de sisal para reforzar hormigón, en donde el hormigón reforzado con fibra es mejor que el hormigón convencional, logrando resultados bastante interesantes como 336.032 N / mm<sup>2</sup> para el hormigón tradicional y 420,04 N / mm<sup>2</sup> para viga reforzada con fibra con lo que respecta a la flexión. De otro modo, Marques, B., *et. al.*, (2019), evaluó características higrotérmicas y acústicas con la paja de arroz para los muros de construcción, rescatando como buen material de conductividad térmica y rendimiento acústico; de tal manera, son materiales de construcción sostenible de alto rendimiento.

**Tabla N° 4:** Composición química de la fibra de Sisal

Composición química de la fibra Sisal:	
Celulosa	65%
Hemicelulosas	12%
Lignina	9,9%
Ceras	2%
Total	100%

**Fuente:** Sabarish, K., Bhuvaneshwari, P. y Jones, J., (2019)

En la tabla N°4, se describe la composición química de la fibra Sisal, el cual el porcentaje plasmado es la durabilidad de cada componente de su fibra, es decir, la propiedad de durabilidad de esta fibra es mayor en comparación con otras fibras naturales usadas en el estudio de los autores. Sabarish, K., Bhuvaneshwari, P., por su rigidez es una de las principales para aplicarlas en el hormigón.

También se encontró resultados sobre estudios del uso de la celulosa vegetal en materiales de construcción como: paneles y compuesto de paneles como techos falsos paredes de interiores entre otras aplicaciones que demostraron cierta eficiencia en propiedades mecánicas - físicas, logrando identificar una variedad de especies con una alta carga de celulosa, que a su vez brindó un alto contenido de fibras que pueden ser aprovechados en diferentes aplicaciones, en ese sentido autores como Sánchez, M, Capote, G. y Carrillo, J., (2019), Sánchez M., *et. al.*, (2017), utilizaron fibras de guadua, bambú, entre otras, así mismo utilizaron como



material aglutinante resina vegetal para incrementar la vida útil del compuesto y/o material. De ello se llegó a las siguientes discusiones.

Sánchez, Ml, Capote, G. Y Carrillo, J., (2019)., demostró que las pruebas mecánicas de la guadua cuentan con la resistencia mecánica y la rigidez del compuesto aumentan cuando se realiza un tratamiento con plasma, principalmente cuando el material está sujeto a cargas axiales (tracción, compresión). Sin embargo, otros factores, como los porcentajes de la mezcla y el método de moldeo y compactación, afectan el rendimiento del material que deben analizarse en futuras investigaciones. En cuanto a Sánchez M., *et. al.*, (2017) utilizó fibra de bambú y resina vegetal y para garantizar la integridad y durabilidad de las fibras y su adhesión a la matriz, se realizó un tratamiento alcalino.

También se investigó sobre estudios del uso de la celulosa vegetal en materiales de construcción de poliéster, material utilizado de manera convencional en la actualidad, de gran eficacia pero también de gran impacto negativo al ambiente, en ese sentido la gran mayoría de artículos e investigaciones encontradas y recopiladas avocaron sus resultados a buscar la hibridación de compuestos convencionales con las fibras de celulosa vegetal de diferentes especies, por ello que, Kalusuraman, G., *et. al.*, (2020), estudió la respuesta, térmica y dinámica – mecánica de los compuestos de Luffa / poliéster con respecto al contenido de fibra y la adherencia superficial, en donde, menciona que, el compuesto es óptimo tanto en tracción y flexión en todos los contenidos de fibra (30%, 40% y 50%), según el aglutinante que acompaña; de tal manera Rakesh, P., *et. al.*, (2020), coincide en su experimento del uso de fibras naturales, el cual indicó que para mejorar las propiedades del material (baja resistencia mecánica, baja estabilidad térmica y la alta tasa de degradación), se tiene que hibridar compuestos de fibra natural con las fibras de vidrio, para así lograr mejoras tanto en flexión, tracción y conductividad térmica dependiendo de la fibra que sea trabajada y la utilidad al que será asignada.

**Tabla N°5:** Propiedades químicas de la fibra de Luffa

Propiedades químicas de la fibra Luffa sin tratar:	
Propiedad	Valor
Contenido de cera (%)	0.48
Contenido de humedad (%)	9,75
Contenido de celulosa (%)	73,92
Contenido de cenizas (%)	4,74
Densidad a temperatura ambiente (g /cc)	1,31

**Fuente:** Kalusuraman, G., et. al., (2020)

En la tabla N° 5, se detalla las propiedades químicas de la fibra de Luffa antes de ser tratada. Se comprende que, con esas especificaciones naturales de esta fibra, no es posible un óptimo material de construcción que cumpla con las propiedades esperadas por los autores; es por ello, que optó en hibridar la fibra de Luffa con materiales convencionales (vidrio) para lograr mejorar tanto en flexión, tracción y conductividad térmica dependiendo en el material poliéster.

## **V. CONCLUSIONES**

Se concluye que el uso de la celulosa vegetal en los materiales de construcción en muchos casos es eficiente, según el tamaño, volumen, masa que se aplica durante el proceso de fabricación; sin embargo, aplicar directamente solo las celulosas vegetales en los materiales de construcción puede presentar inconvenientes; ya que, algunos materiales podrían presentar baja resistencia mecánica y baja estabilidad térmica; entonces, para optimizar estas deficiencias en dichos materiales, algunas veces es mejor fabricarlos con hibridación de compuestos convencionales con las celulosas vegetales; en tal sentido, durante la elaboración, el impacto negativo con el ambiente reduce al usar menos materiales convencionales, esto conlleva a una sostenibilidad ambiental, por la reducción de consumo de energía, por el costo reducido al manufacturar cada material de construcción.

Por otro lado, cabe mencionar, que en el presente estudio se determinaron 27 celulosas vegetales aplicadas en los materiales de construcción, las cuales fueron: paja de centeno, cebada, trigo, avena, arroz, lino, yute, ortiga, cáñamo, coco, algodón, bagazo de caña de azúcar, curauá, vaina guisante, fibras de escoba de palma de aceite, luffa, pulpa de pino, eucalipto, guadua, paja de arroz, *Juncus Acutus*, palmera datilera, *Hydrangea Macrophylla*, bambú, plátanos, sisal, *Posidonia Oceánica*. El uso de estas celulosas vegetales es una alternativa de sostenibilidad ambiental por el aprovechamiento de la flora en abundancia, muchos de ellos son residuos de los vegetales.

Además, se identificaron que las propiedades de las celulosas vegetales usadas en los materiales de construcción son básicamente: físicas, mecánicas, térmicas, aislamiento acústico, absorción de humedad, higrotérmico; por ejemplo, los materiales y biomateriales como placas de aislamiento térmico, mantuvieron las propiedades físicas-mecánicas, conducción térmica, absorción de humedad, termo física; pero los materiales como los compuestos, matriz y/o refuerzo de cemento, yeso, mortero y hormigón; también contaron con las siguientes propiedades: físicas-mecánicas (flexión, compresión), térmicas, aislamiento térmico e higrotérmico; del mismo modo, los materiales con hibridación para poliéster y los compuestos de paneles adoptaron propiedades físicas- mecánicas; cabe

mencionar, que esta innovación es una alternativa sostenible ambiental por la abundancia de la flora, el bajo costo y bajo consumo de energía para la fabricación.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Se recomienda realizar futuras investigaciones experimentales que permitan conocer el tamaño, masa, volumen en la cantidad exacta según la celulosa vegetal usada en determinados materiales de construcción con un comportamiento eficiente durante su ciclo de vida. En cuanto a los materiales con proceso de hibridación, se recomienda aplicar mayor cantidad de fibra vegetal; por efecto, menor cantidad de fibras sintéticas; asegurando óptimos resultados en los materiales fabricados; de tal manera, haya un compromiso con una sostenibilidad ambiental; además, de haber accesibilidad de fibras vegetales.

También se sugiere para próximos estudios, revisar ampliamente experimentos solo del año en curso, y conocer el número de celulosas vegetales aplicados en los materiales de construcción para poner en panorama el interés de esta innovación que promete una sostenibilidad ambiental.

Por otro lado, se recomienda realizar estudios que indiquen con certeza las celulosas vegetales óptimas que deberían ser aplicadas en determinados materiales de construcción y, que aseguren un eficiente comportamiento según las propiedades (físicas, mecánicas, entre otras), durante su ciclo de vida.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**



ANDERSON, Mic., *et al.* Estructura de la celulosa vegetal. Revista de investigación. [en línea] 2020, [fecha de consulta: 14 de mayo de 2019]. Disponible en: <https://www.britannica.com/science/cellulose#info-article-history>

ARIAS, M., Giraldo C., 2011. El rigor científico en la investigación cualitativa. Invest Educ Enferm.; 29(3): 500-514

AZZOUZI, DJELLOUL. *et. al.*, Estudio experimental del efecto del contenido de fibras en la capacidad de aislamiento térmico de las nuevas fibras compuestas de yeso-vaina de guisante vegetal. Artículo de investigación SCIEDIRECT [en línea]. 2020, [fecha de consulta; 19 de octubre del 2020]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214993718302173?via>

%3Dihub

BAKATOVICH, ALIAKSANDR; DAVYDENKO, NADEZHDA y GAS-PAR,

FLORINDO. Placas aislantes térmicas producidas en base de residuos agrícolas vegetales. Artículo de investigación ELSEVIER [en línea]. Bielorrusia. 2018, [fecha de consulta: 18 de octubre del 2018]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378778818311484?via>

%3Dihub

BANJO, AKINYEMI y CHUNPING DAI. Desarrollo de morteros de cemento modificados con fibras de banano y cenizas de fondo de madera [en línea]. Canadá 2020, [fecha de consulta; 20 de octubre del 2020]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061820300465?via>

%3Dihub

BELAKROUM, R., Gherfi, A., Kadja, M., Maalouf, C., Lachi, M., El Wakil, N., & Mai, T. H. (2018). Design and properties of a new sustainable construction material based on date palm fibers and lime. *Construction and Building Materials*, 184, 330–343. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2018.06.196

BELLO, K. O., Mustapha, K., Teixeira, R. S., Santos, S. F., & Savastano, H. (2019). Effects of fibre reinforcements on properties of extruded alkali activated earthen building materials. *Construction and Building Materials*, 227, 116778. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2019.116778

BENAIMECHE, O. y TOUBAL, N. La utilización de fibras vegetales en materiales cementosos. *Revista internacional de investigación [en línea]*. 2018, [Fecha de consulta 21 de junio del 2020]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128035818115966>

CANTIN, M.; Muñoz, M. & Roa, (2015). Comparison between Impact Factor, Eigenfactor Score, and SCImago journal rank indicator in anatomy and morphology journals. *Int. J. Morphol.*

CÁRDENAS, J. Biomaterial de aislamiento térmico a base de *Hydrangea macrophylla* [en línea]. Chile 2020, [fecha de consulta; 20 de octubre del 2020]. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128194812000106?via%3Dihub>

CARRASCO, S. (2013). *Metodología de la Investigación Científica*. Lima: San Marcos.

CASTILLO, E., Vásquez, M., (2003). El rigor metodológico en la investigación cualitativa Colombia Médica. Universidad del Valle Cali, Colombia. pp. 164-167

CHENNOUF, NAWAL. *et al.*, Investigación experimental sobre el comportamiento higrotérmico de un muro de base biológica de mortero de cemento relleno con fibras de palmera datilera [en línea]. Francia 2019, [fecha de consulta; 20 de octubre del 2020]. Disponible en: [https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378778819310679?via](https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378778819310679?via%3Dihub)

%3Dihub

COMAK, BEKIR; VIDECI, ALPER y SALLI, OZLEM. Efectos de las fibras de cáñamo sobre las características del mortero a base de cemento [en línea]. Turquía 2018, [fecha de consulta; 20 de octubre del 2020]. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061818305075?via>

%3Dihub

DA COSTA CORREIA, V., Santos, S. F., Soares Teixeira, R., & Savastano Junior, H. (2018). Nanofibrillated cellulose and cellulosic pulp for reinforcement of the extruded cement-based materials. *Construction and Building Materials*, 160, 376–384. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2017.11.066

FERNÁNDEZ, JUAN Y DÍAZ, NELSON. Evaluación de un material compuesto reforzado con fibras de bagazo en matriz de cemento. Artículo de investigación Redalyc.org [en línea]. Cuba. 2017, [fecha de consulta; 18 de octubre del 2020]. Disponible en:<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223153894009>

GALIANO, Francesco. *et al.*, Avances en la preparación y aplicaciones de la membrana basadas en polímeros. *Revista internacional de investigación científica ScienceDirect* [en línea]. 2018, [Fecha de consulta 6 de mayo del 2020]. Disponible: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0376738818313097>

HACHEM, Z., Céline, A., Challita, G., Moya, M.-J., & Fréour, S. (2019). Hygroscopic multi-scale behavior of polypropylene matrix reinforced with flax fibers. *Industrial Crops and Products*, 140, 111634. doi: 10.1016/j.indcrop.2019.111634

HAMDAOUI, ONS. *et al.* Caracterización termofísica de Posidonia Oceanica fibras marinas destinadas a ser utilizadas como material aislante en edificios mediterráneos [en línea]. Túnez 2018, [fecha de consulta; 20 de octubre del 2020]. Disponible:<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061818312819?via%3Dihub>

HERNÁNDEZ, R., Fernández, C. & Baptista, P. (2006). Metodología

HERNÁNDEZ, F., Medina, E, Burneo, R y Zúñiga, A., Elaboración y caracterización de composites arcilla-arena a base de fibras de *Juncus acutus* [en línea]. Túnez 2018, [fecha de consulta; 20 de octubre del 2020]. Disponible en: <https://www.journals.elsevier.com/construction-and-building-materials>

Hernández, R; Fernández, C. y Baptista, P. (2010). Metodología de la Investigación, (5ª ed). México: Mc Graw-Hill

IGARTUA, J. (2006). Métodos cuantitativos de investigación en comunican. Barcelona, Bosch.

IUCOLANO, FABIO; BOCCARUSSO, LUCA y LANGELLA, ANTONIO. El cáñamo como sustituto ecológico de las fibras de vidrio para el refuerzo de yeso: comportamiento ante impactos y flexión. ELSEVIER [en línea]. Italia 2019, [fecha de consulta; 20 de octubre del 2020]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S135983681931337X>

IQUIMICA. Biopolimeros. Web de información científica. [en línea] 2018, [fecha de consulta: 14 de mayo del 2020]. Disponible en: <https://iquimicas.com/que-es-un-biopolimero/>

JDAYIL, B., Abu. Et al., Materiales de aislamiento térmico para edificios tradicionales, modernos y renovables: una revisión general. Revista científica internacional de investigación Elsevier [en línea]. 2019, [Fecha de consulta: 5 de mayo del 2020] Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061819309845>

KALUSURAMAN, G. *et al.* Propiedades dinámico-mecánicas en función del contenido de fibra luffa y la adhesión en un compuesto de poliéster. Artículo de investigación ELSEVIER [en línea]. India 2020, [fecha de consulta; 20 de octubre del 2020] <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0142941820301550>

KRISHNASAMY, S. *et al.* Avances recientes en las propiedades térmicas de los compuestos de polímeros híbridos reforzados con fibra celulósica. Revista de investigación Sciencedirect [en línea]. 2019, [Fecha de consulta: 28 de junio del 2020]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141813019344691>

LINCOLN, Y., Guba E. (1985). Naturalistic inquiri. Beverly Hills: Sage Publications.

MARQUES, BEATRIZ; *et al.* Caracterización de muros de construcción sostenibles hechos con balas de paja de arroz. [en línea]. Portugal 2019, [fecha de consulta; 20 de octubre del 2020]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352710219313221?via%3Dihub>

MEJÍA, JULIÁN.; DOS SANTOS, VALDEMIR Y MÁRMOL, GONZALO. Potencial del tratamiento de hornificación en fibras de eucalipto y pino para aplicaciones de fibrocemento [en línea]. España 2017, [fecha de consulta; 20 de octubre del 2020]. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10570-017-1253-6>

MERTENS, D. (2005). *Research and evaluation in Education and Psychology: Integrating diversity with quantitative, qualitative, and mixed methods*. Thousand Oaks: Sage

NOREÑA, A., *et al.*, 2012. Aplicabilidad de los criterios de rigor y éticos en la investigación cualitativa. Colombia. Pp.268 ISSN: 1657-5997

ÑAUPAS, H., Mejía, E., Novoa, E. y Villagómez, A. (2014). *Metodología de la investigación Cuantitativa-Cualitativa y Redacción de la Tesis*. Bogota: Ediciones de la U.

OLACIA, E., Pisello, A. L., Chiodo, V., Maisano, S., Frazzica, A., & Cabeza, L. F. (2020). Sustainable adobe bricks with seagrass fibres. Mechanical and thermal properties characterization. *Construction and Building Materials*, 239, 117669. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2019.117669 [en línea]. 2020, [Fecha de consulta 5 de mayo del 2020]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652620310258>

OMRANI H. *et al.* Elaboración y caracterización de composites arcilla-arena a base de fibras de *Juncus acutus* [en línea]. Tunes 2018, [fecha de consulta; 20 de octubre del 2020]. Disponible en: <https://www.journals.elsevier.com/construction-and-building-materials>

OWOICHOECHI, ENMANUEL; ISRRAEL, ADELAJA y MARTINEZ, ALFONSO.

Comportamiento físico-mecánico de las fibras de escoba de palma aceitera (OPBF) como material de construcción ecológico. Artículo de investigación ELSEVIER [en línea]. Reino Unido 2020, [fecha de consulta; 19 de octubre del 2020]. Disponible en: <https://www.journals.elsevier.com/journal-of-building-engineering>

PHANTHONG, Patchiya. *et al.* Nanocelulosa: extracción y aplicación. Revista internacional de investigación científica keai [en línea]. 2018, [Fecha de consulta 7 de mayo del 2020]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2588913318300036>

QUESADA, D. La ciencia descubre en la fibra de los vegetales un material perfecto para construir casas. Web de investigación arquitectura y diseño [en línea]. Septiembre del 2019. [Fecha de consulta: 16 de mayo 2020]. Disponible en: [https://www.arquitecturaydiseno.es/pasion-eco/mi-casa-esta-hecha-con-zanahorias\\_1819](https://www.arquitecturaydiseno.es/pasion-eco/mi-casa-esta-hecha-con-zanahorias_1819)

RADFORD, Alina. ¿qué es un polímero? Revista internacional de investigación [en línea]. Octubre del 2017. [Fecha de consulta: 13 de mayo del 2020]. Disponible en: <https://www.livescience.com/60682-polymers.html>

RAGHVENDRA, Mishra; ARJUN, Sabú y SANTOSH, k. La química de los materiales y las aplicaciones ecológicas futuristas de la nanocelulosa: estado y perspectiva. Revista de la Sociedad Química de Arabia Saudita [en línea]. 2018, [fecha de consulta: 7 de mayo de 2020]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S131961031830022X>

RAKESH, POTLURI. Et. Al. Un informe conciso sobre las propiedades de los compuestos híbridos fabricados de vidrio y fibras naturales. Artículo de investigación SCIEDIRECT [en línea]. India 2019, [fecha de consulta; 20 de octubre del 2019].

REVEES P., 2000. El paradigma etnográfico. En: Denman C, Haro JA, compiladores. Por los rincones. Antología de métodos cualitativos en la

investigación social. Hermosillo: El Colegio de la Sonora; p. 208-364

REVUELTA, M., Verdú-Vázquez, A., Gil-López, T., & Morales-Polo, C. (2020). Environmental analysis of the use of plant fiber blocks in building construction. *Science of the Total Environment*. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.138495

RUANO, GONZALO. *et al.* Comportamiento mecánico de composites cementosos reforzados con bagazo y fibras de cáñamo. Artículo de investigación ELSEVIER [en línea]. Argentina 2020, [fecha de consulta; 18 de octubre del 2020]. Disponible en: <https://www.journals.elsevier.com/construction-and-building-materials>

SABARISH, KV. *et al.* Una investigación experimental sobre las propiedades de la fibra de sisal utilizada en el hormigón [en línea]. India del 2020, [fecha de consulta; 20 de octubre del 2020]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785319328810?via%3Dihub>

SÁNCHEZ, MARTHA; MORALES, LUZ y CAICEDO, JUAN. Propiedades físicas y mecánicas de los paneles aglomerados de fibra de bambú y resina vegetal [en línea]. Colombia 2017, [fecha de consulta; 20 de octubre del 2020]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061817318019?via%3Dihub>

SÁNCHEZ, MARTHA; CAPOTE, G. y CARRILLO, J. Compuestos reforzados con fibras de guadua: propiedades físicas y mecánicas [en línea]. Colombia 2019, [fecha de consulta; 20 de octubre Del 2020]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061819321671>

SALGADO LEVANO, Ana Cecilia. Investigación cualitativa: diseños, evaluación del rigor metodológico y retos. *liber*. [online]. 2007, vol.13, n.13 [citado 2020-06-24],pp.71-78. Disponible: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S172948272007000100009&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S172948272007000100009&lng=es&nrm=iso). ISSN 1729-4827

SYED, HABIBUNNISA; NERELLA, RUBEN y CHAND SRI RAMA. Papel de la

fibra de coco en el hormigón [en línea]. India 2020, [fecha de consulta; 20 de octubre del 2020]. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785320305824?via%3Di>

SZYMA, M. et al. Estructura de nanocelulosa a medida según el origen. Ejemplo de parénquima de manzana y celulosas de raíz de zanahoria. Revista de investigación [en línea]. 2019, [Fecha de consulta: 21 de junio del 2020]. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0144861719300761>

TEIXEIRA, RS.; SANTOS, S *et al.* Impacto del contenido y la longitud de las fibras de curauá en el comportamiento mecánico de los compuestos cementosos extruidos: análisis de varianza. Artículo de investigación ELSEVIER [En línea]. Brasil 2019, [fecha de consulta; 18 de octubre del 2020]. Disponible en: <https://www.journals.elsevier.com/cement-and-concrete-composites>

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO – UCV. Código de ética en investigación de la universidad César Vallejo [en línea]. 2017, [Fecha de consulta: 28 de junio del 2020].

Disponible en:

<https://www.ucv.edu.pe/datafiles/C%C3%93DIGO%20DE%20%C3%89TICA>

VANTADORI, S.; *et al.* Materiales de construcción ligeros: Mortero reforzado con malla de fibra de palmera datilera [ en línea]. Italia 2019, [fecha de consulta; 20 de octubre del 2020]. Disponible en:

<https://www.journals.elsevier.com/theoretical-and-applied-fracture-mechanics>

VINOD, A. et al., [STANFFORD, R., Jones 2019] Materiales de base biológica renovables y sostenibles: una evaluación sobre biofibras, biopelículas, biopolímeros y biocompuestos. Revista internacional de investigación Elsevier

ZONGO, L. and KONIN, A., 2018. Optimisation Des Propriétés Physiques Et Mécaniques De Matériaux à Base De Biomasse Végétale Pour l'Éco- Construction. International Journal of Innovation and Applied Studies, 12, vol. 25, no. 1, pp. 40-46 ProQuest Central



## **ANEXOS**

## ANEXO 1: Ficha de análisis de contenido

 <b>FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO</b>	
<b>TÍTULO:</b>	
<b>AÑO DE PUBLICACIÓN:</b>	<b>LUGAR DE PUBLICACIÓN:</b>
<b>AUTOR (ES):</b>	
<b>PALABRAS CLAVES DE BÚSQUEDA:</b>	
<b>PALABRAS CLAVES DE ARTÍCULO:</b>	
<b>FUENTE DE CELULOSA:</b>	
<b>PROPIEDADES DEL MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN:</b>	
<b>DESCRIPCIÓN DEL APORTE AL TEMA:</b>	
<b>RESULTADOS:</b>	
<b>CONCLUSIÓN:</b>	