



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y
URBANISMO**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

**Estudio Teórico del Impacto de Fibras Naturales en la
Mejora de las Propiedades Físicas y Mecánicas del Concreto**

Estructural Sostenible

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE BACHILLER EN
INGENIERÍA CIVIL**

Autor(es)

Benites Cerna Alexander Emmanuel

<https://orcid.org/0000-0002-8250-0038>

Paredes Novoa Alex Junior

<https://orcid.org/0000-0001-5097-7395>

Asesora

PhD. Heredia Llatas Flor Delicia

<https://orcid.org/0000-0001-6260-9960>

Línea de Investigación

**Tecnología e Innovación en el Desarrollo de la Construcción y la
Industria en un Contexto de Sostenibilidad**

Sublínea de Investigación

Innovación y Tecnificación en Ciencia de los Materiales, Diseño e

Infraestructura

Pimentel – Perú

2024



Universidad
Señor de Sipán

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Quienes suscriben la **DECLARACIÓN JURADA**, somos **Benites Cerna Alexander Emmanuel Y Paredes Novoa Alex Junior** egresados del Programa de Estudios de la **Escuela Académica Profesional de Ingeniería Civil** de la Universidad Señor de Sipán S.A.C, declaramos bajo juramento que somos autores del trabajo titulado:

Estudio Teórico del Impacto de Fibras Naturales en la Mejora de las Propiedades Físicas y Mecánicas del Concreto Estructural Sostenible

El texto de mi trabajo de investigación responde y respeta lo indicado en el Código de Ética del Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Señor de Sipán (CIEI USS), conforme a los principios y lineamientos detallados en dicho documento, en relación con las citas y referencias bibliográficas, respetando el derecho de propiedad intelectual, por lo cual informo que la investigación cumple con ser inédito, original y auténtico.

En virtud de lo antes mencionado, firman:

Benites Cerna Alexander Emmanuel	DNI: 71459775	
Paredes Novoa Alex Junior	DNI: 76777594	

Pimentel, 22 de octubre de 2024.

NOMBRE DEL TRABAJO

ESTUDIO TEÓRICO DEL IMPACTO DE FIBRAS NATURALES EN LA MEJORA DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS

AUTOR

PAREDES NOVOA ALEX JUNIOR BENITES CERNA ALEXANDER EMMANUEL

RECUENTO DE PALABRAS

2633 Words

RECUENTO DE CARACTERES

15386 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

6 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

55.4KB

FECHA DE ENTREGA

Nov 20, 2024 5:48 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Nov 20, 2024 5:48 PM GMT-5

● 3% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 3% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 0% Base de datos de trabajos entregados
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)
- Material citado

DEDICATORIA

A Dios, por ser mi apoyo y sabiduría en cada paso de este recorrido. A mi familia, por su inquebrantable apoyo, comprensión y sacrificios, que han sido fundamentales para la culminación de esta etapa académica. Su confianza en mis capacidades ha sido un pilar esencial a lo largo de este recorrido.

Benites Cerna Alexander Emmanuel

A Dios, Por concederme la sabiduría y la fortaleza necesaria para enfrentar cada desafío y avanzar con determinación en este proceso. A mi familia, Por su apoyo incansable y su paciencia en mí. Este logro es tanto suyo como mío, resultado de su amor incondicional y de su esfuerzo silencioso, pero siempre presente.

Paredes Novoa Alex Junior

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Señor de Sipán, Por el invaluable aporte brindado a nuestra formación profesional. A los docentes por su compromiso con la enseñanza, han sido pilares fundamentales en el desarrollo de nuestras capacidades académicas, permitiéndonos afrontar los retos del futuro con una base sólida de conocimientos y valores.

Benites Cerna Alexander Emmanuel

A la Universidad Señor de Sipán, Por el rigor académico y la excelencia educativa que han caracterizado nuestra formación. La dedicación y el profesionalismo de los docentes han sido esenciales para nuestro desarrollo intelectual y profesional, ofreciendo una educación integral que ha sentado las bases para nuestro futuro.

Paredes Novoa Alex Junior

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	4
AGRADECIMIENTO.....	5
ÍNDICE.....	6
RESUMEN.....	6
ABSTRACT.....	7
I. INTRODUCCIÓN.....	8
1.1. Realidad problemática	8
1.2. Formulación del problema.....	16
1.3. Hipótesis.....	17
1.4. Objetivos	17
1.5. Teorías relacionadas al tema.....	17
II. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	28
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	29
IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	39
V. REFERENCIAS.....	41
Anexos.....	42

Índice de Tablas

Tabla 1.....	31
Tabla 2.....	32
Tabla 3.....	39
Tabla 4.....	42
Tabla 5.....	43
Tabla 6.....	45

Índice de Gráficos

Gráfico 1.....	32
Gráfico 2.....	43

Índice de Figuras

Figura 1.....	30
Figura 2.....	41
Figura 3.....	41
Figura 4.....	41
Figura 5.....	44
Figura 6.....	44
Figura 7.....	44
Figura 8.....	46
Figura 9.....	46
Figura 10.....	46

Índice de Anexos

Anexo 1.....	55
Anexo 2.....	55
Anexo 3.....	56
Anexo 4.....	56

RESUMEN

Se investiga cómo el uso de fibras naturales, puede mejorar el rendimiento mecánico y la durabilidad del concreto en construcciones sostenibles, dado que la creciente necesidad de materiales constructivos que refuercen el concreto y, al mismo tiempo, reduzcan el impacto ambiental, este análisis demuestra que las fibras naturales incrementan la resistencia a la tracción y flexión, además de limitar la formación de grietas, también actúan como puentes en la microestructura del concreto, distribuyendo tensiones y reforzando su integridad estructural. Sin embargo, el estudio también resalta desafíos relacionados con la absorción de humedad y la variabilidad en la composición de las fibras, factores que afectan la cohesión interna del material y su durabilidad en el tiempo, además, se recomienda continuar investigando tratamientos específicos para optimizar la compatibilidad entre las fibras y del concreto, así como desarrollar normativas que regulen su uso y aseguren la calidad del concreto reforzado. En esencia, el uso de fibras naturales representa una alternativa viable y ecológica al concreto convencional, que no solo mejora la sostenibilidad, sino también el rendimiento estructural en construcciones modernas. Si bien, para maximizar su eficacia, es esencial optimizar su implementación mediante estrategias de tratamiento, permitiendo así que estas fibras se conviertan en un recurso clave para el desarrollo de infraestructuras más sostenibles. En relación, su aplicación práctica podría no solo reducir costos de mantenimiento a largo plazo, sino también impulsar la economía circular y la disminución del impacto ambiental por el carbono en el ámbito constructivo, alineándose con los principios de desarrollo sustentable.

ABSTRACT

The study investigates how the use of natural fibers can improve the mechanical performance and durability of concrete in sustainable constructions, given the growing need for construction materials that reinforce concrete and, at the same time, reduce environmental impact. This analysis shows that natural fibers increase tensile and flexural strength, in addition to limiting the formation of cracks, they also act as bridges in the concrete microstructure, distributing stresses and reinforcing its structural integrity. However, the study also highlights challenges related to moisture absorption and variability in fiber composition, factors that affect the internal cohesion of the material and its durability over time, and recommends further research on specific treatments to optimize the compatibility between fibers and concrete, as well as the development of standards to regulate their use and ensure the quality of reinforced concrete. In essence, the use of natural fibers represents a viable and environmentally friendly alternative to conventional concrete, which not only improves sustainability, but also structural performance in modern construction. However, to maximize their effectiveness, it is essential to optimize their implementation through treatment strategies, thus allowing these fibers to become a key resource for the development of more sustainable infrastructures. In relation, their practical application could not only reduce long-term maintenance costs, but also boost the circular economy and the reduction of the environmental impact of carbon in the building environment, in line with the principles of sustainable development.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

La industria de la construcción enfrenta desafíos de integración en el siglo XXIM la resistencia estructural necesaria con el uso de materiales que reduzcan el impacto ambiental [1]. Este reto ha llevado a una creciente exploración de soluciones sostenibles y eficientes, como el uso de FN [2]. Estas fibras, además de ofrecer una alternativa económica, aportan beneficios ecológicos al mejorar las propiedades del concreto, aportan beneficios ecológicos al mejorar sus propiedades. Integrar fibras naturales en el concreto no solo optimiza las características del material, sino que también impulsa el desarrollo social, especialmente en regiones tropicales, donde su disponibilidad y bajo costo las convierten en una opción viable para la industria de la construcción [3]. Así, este enfoque no solo responde a un reto académico, sino que también promueve la innovación en soluciones constructivas alineadas con las exigencias de un mundo en constante cambio. Los hallazgos de este estudio podrían contribuir de manera relevante al desarrollo de nuevos estándares y prácticas sostenibles en la industria de la construcción a nivel global [4].

En Bangladesh [5], el concreto es un material de construcción ampliamente utilizado, sin embargo, presenta limitaciones como baja resistencia a la tracción, tendencia a agrietarse y poca flexibilidad, afectando su durabilidad en infraestructuras cruciales, especialmente en zonas propensas a desastres naturales. En India [6], la producción de fibra de coco alcanza 350.000 toneladas métricas anuales, representando el 90% de esta cifra y con una industria valorada en 140 millones de dólares. El uso de fibras naturales en concreto geopolimérico está vinculado a la sostenibilidad, pero también a un aumento en emisiones contaminantes. En China, se utilizan con abundancia las fibras naturales como el sisal y el coco, en la construcción de paredes y casas debido a sus características económicas, se pretende bajar el impacto ambiental y los gastos vinculados a los materiales sintéticos [7]. Aunque el interés por el refuerzo del concreto con fibras naturales ha crecido, aún persisten desafíos en la mejora de sus propiedades mecánicas, lo que ha fomentado investigaciones para determinar las mejores concentraciones y longitudes.

En Francia [8], los materiales sostenibles han promovido el desarrollo de compuestos poliméricos reforzados con fibras naturales, los cuales representan una opción innovadora para enfrentar los desafíos ambientales actuales. Sin embargo, el aumento de dichas fibras ha mostrado mejores resultados cuando se usa en concentraciones limitadas. En Malasia [9], la investigación se orienta hacia el uso de fibras naturales, como el bambú, para fortalecer las propiedades mecánicas del hormigón. Esta fibra, abundante en la región, no solo contribuye al refuerzo del concreto, sino que también se presenta como una alternativa económica y amigable con el medio ambiente, impulsando prácticas de construcción más responsables. En Estados Unidos, el empleo de fibras tanto naturales como sintéticas se explora como aditivos que puedan superar las limitaciones del concreto, caracterizado por su fragilidad en términos aguante a las fuerzas de tracción y flexión. Fibras como el sisal y la de plátano se estudian para evaluar su capacidad de mejorar estas características y optimizar el desempeño estructural del concreto armado [10].

En México [11], se identificó que las viviendas en zonas rurales carecen de acceso a tecnologías avanzadas para eso como solución, se propuso la autoconstrucción utilizando materiales locales, como las fibras naturales de lechuguilla pueden reforzar el concreto, en definitiva, las fibras son abundantes en el país, lo que las convierte en una opción viable para mejorar las viviendas en comunidades rurales. En EE.UU., la construcción enfrenta problemas relacionados con la durabilidad del concreto, especialmente en condiciones adversas [12], la falta de materiales para mejorar la fisuración en el concreto limita la vida útil de las edificaciones, estas fibras aparecen como una solución para mejorar las propiedades mecánicas y la sostenibilidad del concreto. En Brasil [13], la fibra de coco ha sido evaluada como material de construcción destacando las implicaciones de su secado a diferentes temperaturas, esto responde a la generación de residuos alcanzando 82 millones de toneladas, incluyendo cáscaras de coco verde, cuyo desecho inadecuado contribuye a la contaminación y al agotamiento de vertederos.

En Chile [14], el enfoque en eficiencia energética dentro del sector de la construcción ha ganado importancia, incentivando la exploración de técnicas que mejoren las propiedades térmicas del concreto. En particular, el uso de fibras naturales como el cáñamo resulta relevante, ya que su adición contribuye a disminuir el consumo energético de los edificios y es ideal para aplicaciones en cimentaciones geotérmicas. Mientras tanto, Colombia [15] se destaca como el principal productor mundial de fibra de fique, con alrededor de 15,000 hectáreas en cultivo y una producción anual que alcanza las 30,000 toneladas. No obstante, el consumo industrial se encuentra entre las 25,000 y 28,000 toneladas al año, evidenciando un uso intensivo en la industria. En Ecuador, se llevan a cabo estudios sobre la incorporación de fibras naturales en mezclas de concreto, con el propósito de crear opciones más sostenibles para el sector de la construcción, en este enfoque sigue los principios de la economía circular y tiene como objetivo disminuir la huella de CO₂ en la producción convencional de concreto, fomentando prácticas más responsables con el medio ambiente en la industria [16].

En Perú, particularmente en Ucayali [17], una de las principales regiones productoras de palma aceitera, se generan grandes cantidades de residuos que son poco aprovechadas. Estos desechos acumulados, representan un problema ambiental por la falta de una gestión. Sin embargo, estas fibras tienen un gran potencial para ser usadas en el ámbito de las edificaciones sostenibles, como compuestos de cemento. En Chimbote [18], donde las condiciones climáticas y económicas son particulares, con temperaturas entre 13°C y 28°C, se requiere una solución viable y económica para mejorar las propiedades del concreto y la durabilidad, es crucial utilizar materiales locales para reducir costos y optimizar el rendimiento del concreto. El rápido crecimiento urbano en Lima ha generado una gran presión en la planificación [19], impulsando el estudio de fibras naturales para mejorar el concreto, se analizan distintas propiedades clave, como la capacidad de soportar cargas compresivas, resistencia a la flexión, durabilidad y permeabilidad. Estas fibras, al integrarse en el material, no solo buscan sustituir parcialmente los agregados tradicionales, sino que también aportan beneficios ambientales al reducir la dependencia de materiales convencionales.

El rápido crecimiento de la localidad en Pimentel [20], ha incrementado la demanda de productos agrícolas, generando una mayor cantidad de residuos orgánicos. En el caso de la piña, aproximadamente el 65% se convierte en desechos. La práctica de incinerar estos residuos sin tratamiento adecuado provoca contaminación ambiental y riesgos para la salud pública. Sin embargo, estos desechos, como la fibra de piña, pueden ser aprovechados en el sector de la construcción, mejorando las propiedades del concreto, lo cual es evidente en Lambayeque [21], donde el concreto presenta baja resistencia a la tracción. Se sugiere emplear fibras naturales, como la fibra de cabuya, para renovar las propiedades mecánicas del concreto, incrementando su resistencia y reduciendo las grietas, al tiempo que se disminuye el impacto ambiental. En Chiclayo [22] se exploran soluciones para fortalecer las estructuras de hormigón frente a desafíos ambientales, como movimientos sísmicos, que pueden comprometer su estabilidad. El uso de fibras recicladas y naturales contribuye así a una construcción más sostenible y resiliente.

Basado en antecedentes sobre el uso de fibras naturales en el concreto revelan una evolución constante, Wu et al. [23], en su artículo tiene como objetivo investigar la integración de fibras vegetales para el refuerzo del concreto, abordando cuestiones medioambientales críticas como la sostenibilidad y la gestión de residuos, contribuyendo así al avance económico y científico. Utilizando un enfoque de métodos mixtos para evaluar las propiedades mecánicas, la durabilidad y el rendimiento térmico del concreto reforzado con fibras de cáñamo, yute y coco. Los resultados muestran que las fibras vegetales, por su naturaleza renovable y biodegradable, mejoran significativamente la sostenibilidad del concreto, como lo demuestra el hecho de un 1% de fibra de cáñamo reduce las emisiones de carbono en un 60% en comparación con las fibras de carbono tradicionales. No obstante, mientras que dosis óptimas de fibra incrementan la resistencia a la tracción hasta en un 20%, cantidades excesivas disminuyen el rendimiento hasta en un 30%, afectando la porosidad y la trabajabilidad. En conclusión, este delicado equilibrio entre los beneficios ambientales y el rendimiento estructural destaca la necesidad de continuar investigando técnicas de modificación de fibras que aseguren tanto la integridad estructural como la ecoeficiencia.

El estudio de Hamada et al. [24], tiene como intención explorar estrategias innovadoras para regenerar el empleo de los recursos naturales del concreto, buscando un impacto positivo tanto en lo económico como en lo ambiental. La metodología empleada incluye una revisión crítica de estudios que analizan la inclusión de fibras naturales en mezclas de cemento, evaluando sus beneficios y limitaciones. Los resultados muestran que, aunque la adición de fibras en un rango del 0.5% al 1% mejora la RC en un 24%, un contenido superior reduce este rendimiento debido a la alta absorción de agua por parte de las fibras, lo cual afecta la adherencia con la matriz de cemento. En cuanto a durabilidad, las mezclas con proporciones no optimizadas mostraron mayor degradación, aunque tratamientos alcalinos disminuyen este problema en un 30%. En conclusión, el estudio señala que el uso de fibras naturales es una opción prometedora para minimizar el impacto ambiental en la industria del concreto; sin embargo, es fundamental optimizar tanto la cantidad como el tratamiento de las fibras para maximizar su rendimiento sin comprometer la eficiencia estructural.

Jin et al. [25], en su artículo tiene como objetivo investigar la integración de fibras naturales híbridas, específicamente de basalto y coco, en la resistencia a la compresión en relación con el hormigón espumado convencional. A través de una metodología experimental que evaluó diferentes fracciones volumétricas de fibra 0.15, 0.43 y 0,45% y proporciones de mezcla 1:2, 1:1 y 2:1, se determinó que el contenido óptimo de fibra es del 0,3%, con una proporción de mezcla de 1:2, lo que resultó en un aumento del 39,92% en la resistencia a la compresión en relación con el hormigón espumado convencional. No obstante, se observó que superar este umbral reduce la resistencia debido a una mayor interconexión de los poros. Particularmente, las muestras con una mezcla de 0,2% de fibra de coco y 0,1% de basalto mostraron el mejor desempeño en resistencia a la flexión, con un incremento del 56,42%. En conclusión, la incorporación de fibras naturales optimiza la resistencia y durabilidad del hormigón espumado, lo que lo convierte en una solución viable, siendo esencial equilibrar el contenido de fibra y la proporción de mezcla para un comportamiento mecánico óptimo.

El artículo de Chandar & Sangeeth [26], se enfoca en investigar la incorporación de fibras de kenaf en el concreto, mostrando que una longitud de fibra de 50 mm y una fracción volumétrica de 0.75% logra una sinergia efectiva entre la matriz de cemento y el refuerzo fibroso. La metodología utilizada fue un análisis multifactorial, que evaluó cómo distintas longitudes de fibra y fracciones volumétricas afectan las propiedades mecánicas del material. Los resultados fueron variados: mientras que la resistencia a la flexión y a la tracción aumentaron en un 25% y 30%, respectivamente, la resistencia a la compresión se redujo al incrementar el contenido de fibras, alcanzando una disminución del 15% en las muestras con mayor fracción volumétrica. De manera que, el estudio subraya la importancia de optimizar los parámetros de diseño en concretos reforzados con fibras naturales, identificando que una longitud de 50 mm y una fracción volumétrica de 0.75% es la combinación óptima para maximizar la resistencia a flexión y tracción, con una reducción mínima en la resistencia a la compresión.

Chen et al. [27], en su artículo tiene como objetivo investigar la utilización de FN, se examinan las propiedades mecánicas, la durabilidad, la sostenibilidad y las aplicaciones del concreto reforzado con fibras como las de maíz, trigo, arroz y bambú. Los resultados muestran que, si bien estas fibras incrementan la fuerza de tracción, podrían disminuir la capacidad de soportar compresión, lo que es crítico para estructuras sometidas a grandes cargas. Además, el 85.7% de los concretos con fibras naturales ofrecen beneficios ambientales significativos, como la reducción de emisiones de CO₂, pero solo el 28.6% alcanza una sostenibilidad económica óptima debido a los altos costos de producción. En el ámbito social, el 43% de los estudios destaca el impacto positivo potencial en las comunidades agrícolas, aunque se plantean preocupaciones sobre el cultivo intensivo de ciertas fibras, como el lino, que puede ser dañino para el medio ambiente. En conclusión, el concreto de fibra natural ofrece una alternativa sostenible a los materiales tradicionales al reducir las emisiones de carbono y utilizar los residuos agrícolas. Mejora la resistencia a la tracción y al agrietamiento, pero reduce la resistencia a la compresión.

El estudio de Ravikumar et al. [28], se enfoca en optimizar las características mecánicas para el concreto mediante la inclusión de fibras, buscando desarrollar un material de construcción que sea económico y cumpla con los actuales requerimientos de durabilidad y sostenibilidad en ingeniería civil. Mediante un análisis experimental, se evaluaron diferentes proporciones FN, en volúmenes que variaron entre 0.5% y 2.5% del volumen total de concreto. Los resultados mostraron que el 1.5% de fibras de acero aumentó la resistencia a la tracción en un 35%, mientras que proporciones mayores al 2% afectaron negativamente la trabajabilidad y la resistencia a la compresión. De manera similar, una proporción del 0.75% de fibras de polipropileno incrementó la tenacidad en un 28%, mientras que una dosificación del 3% sólo generó una mejora del 12%, subrayando la importancia de una dosificación precisa. En conclusión, la incorporación de fibras en el concreto reforzada mejora notablemente su resistencia a la tracción, durabilidad y respuesta ante esfuerzos. Aunque no reemplazan el refuerzo estructural, las fibras contribuyen a distribuir las cargas internas y a evitar el agrietamiento, además de incrementar la tenacidad, capacidad de oposición al impacto y absorción de energía del material.

Machaka et al. [29], en su artículo su propósito es analizar el efecto de la integración de fibras naturales de efecto de características mecánicas y la carencia de dureza del concreto, contribuyendo al desarrollo sostenible en la ingeniería civil. A través de un programa experimental, se analizaron diferentes proporciones de fibra 0, 0.5, 1.0 y 1.5% y relaciones de aspecto L/D = 60 y 100, utilizando concretos con resistencias de 30, 40 y 60 MPa. En conclusión, se mostró la adición de FN mejorando legiblemente en su resistencia a la tracción indirecta, con incrementos de entre el 10% y el 70%, mientras que la resistencia a la compresión presentó variaciones: un aumento del 20% al 30% a los 7 días en mezclas de 40 MPa, pero una disminución del 6% al 20% a los 28 días con volúmenes superiores al 1%. Además, se constató que un 1% de fibra redujo las fisuras por retracción plástica en un 70%. En conclusión, estas mejoras especialmente en edades tempranas, resaltan el potencial de las fibras de palmera de abanico para ser utilizadas como un aditivo sostenible en mezclas de concreto, ofreciendo beneficios de resistencia y durabilidad.

Suresh et al. [30], busca establecer una base científica para el desarrollo de materiales de construcción que optimicen las propiedades físicas del concreto y promuevan un avance sostenible y económico en el sector. La metodología incluyó la incorporación de fibras de yute en una dosificación de concreto de grado M-60, evaluando resistencia ante cargas compresivas para 3, 7 y 28 d. En efecto indicaron que la adición de un 1% de fibras aumentó la resistencia en un 19%, mientras que una proporción del 2% sólo generó una mejora del 17%, lo que sugiere que una cantidad excesiva de fibra no siempre optimiza las propiedades estructurales. Este análisis identifica el 1% de fibras como el punto óptimo para maximizar la resistencia sin comprometer la trabajabilidad del concreto. En conclusión, el uso moderado de fibras de vidrio y yute mejora de manera significativa las propiedades mecánicas del concreto, aportando a la sostenibilidad económica y a la durabilidad de las construcciones.

Shadheer et al. [31], en su artículo tiene como objetivo evaluar la viabilidad de incorporar fibras naturales para la fabricación de concreto con el fin de fortalecer su desempeño mecánico y mitigar su huella ecológica de los materiales convencionales. Se realizaron ensayos de compresión, tracción y flexión en diversas mezclas de hormigón, utilizando fibras de sisal, yute y coco en diferentes proporciones. Los resultados indicaron que mezclas con un contenido de fibras entre el 1% y el 3% del peso del cemento mejoraron la resistencia a la compresión hasta en un 30% respecto a las mezclas sin fibras. Sin embargo, cuando la proporción de fibras superó el 5%, la resistencia a la tracción disminuyó en un 15%, lo que sugiere que un exceso de fibras afecta la cohesión del material, probablemente por la aglomeración que impide una distribución uniforme en la matriz del concreto. En conclusión, la inclusión de fibras naturales ofrece una alternativa prometedora para mejorar el concreto y avanzar hacia una construcción más sostenible, aunque es crucial optimizar las proporciones para evitar comprometer su integridad estructural.

Rajkohila et al. [32] propone una alternativa sostenible para la construcción mediante la integración de fibras naturales en concreto de alta resistencia. En el experimento se utilizaron fibras de banano y coco en proporciones de 0.5, 1, 1.5 y 2 %, analizando su influencia en las propiedades mecánicas y la microestructura del concreto, con alccofine como aditivo cementante adicional. Los hallazgos mostraron que la inclusión de un 1 % de fibra de banano incrementó la resistencia a la compresión en un 3.84 %, mientras que la fibra de coco alcanzó un 2.05 %. Asimismo, la fibra de banano mejoró la resistencia a la tracción en un 15.73 % y la resistencia a la flexión en un 54.49 %, en comparación con la fibra de coco, que logró un 47.96 %. Esto evidencia una mayor eficacia de la fibra de banano en la reducción de grietas. En conclusión, la investigación muestra que añadir un 1 % de fibras de banano o coco al concreto de alta resistencia optimiza sus propiedades, mejorando la resistencia a la compresión, tracción y flexión. No obstante, un contenido superior al 1 % puede disminuir la resistencia debido a la posible aglomeración de fibras.

Jamshaid et al. [33], en su artículo tiene como objetivo promover el desarrollo de materiales sostenibles en la industria de la construcción mediante la utilización de FN celulósicas para reforzar en el concreto, una alternativa clave para mitigar los impactos ambientales derivados del uso de materiales no renovables. Se incorporaron fibras de yute, sisal, coco y bagazo de caña de azúcar en proporciones entre 0.5% y 3%, seleccionadas por su resistencia y sostenibilidad, buscando potenciar su particularidad mecánica en el concreto, incluyendo su resistencia a la compresión, flexión y tracción, en ensayos realizados bajo estándares ASTM. Los resultados mostraron mejoras significativas, con incrementos de hasta un 20.2% en la RC un 137.7% en la resistencia a la tracción, optimizándose el desempeño con una carga de fibra del 2%; sin embargo, exceder este límite redujo la resistencia general debido a la formación de vacíos e irregularidades en la distribución de las fibras. Las probetas con porcentajes más elevados de fibras demostraron una mayor tasa de absorción de agua, especialmente de coco y bagazo, presentaron un aumento del 9.25%, lo que podría afectar la durabilidad del material. En conclusión, el uso de fibras naturales celulósicas en el concreto, mejora su rendimiento mecánico 14

hasta un 2% de carga, incrementando la resistencia a la tracción, compresión e impacto. Sin embargo, una mayor adición de fibras provoca una disminución de las propiedades debido a la formación de vacíos y grietas.

Hashim et al. [34], tiene como propósito mejorar el desarrollo económico y científico mediante la optimización de las propiedades mecánicas del ácido poliláctico (PLA), un material biodegradable con usos industriales y biomédicos, mediante la incorporación de fibras carbonizadas de cáscara de coco en tamaños variados. Las muestras incluían fibras de 0, 53 μm , 75 μm y 212 μm , fabricadas a través de procesos de extrusión e inyección, y fueron sometidas a pruebas de resistencia mecánica y análisis morfológico. Los resultados mostraron que las fibras de 212 μm aumentaron la oposición a la tracción y flexión en un 25%, mientras que las de 53 μm disminuyeron en un 15%, lo cual se atribuye a una mejor adhesión interfibrilar en las fibras más grandes. El estudio concluye que el tamaño de las fibras en los compuestos PLA/fibra de carbono impacta notablemente en sus propiedades mecánicas. Las fibras de 212 μm demostraron ser las más efectivas para mejorar la resistencia a tracción y flexión, lo que subraya la influencia de entallar el tamaño de las fibras para optimizar estos compuestos en aplicaciones sostenibles y compatibles con el ambiente.

Shah et al. [35], en el artículo en cuestión se basa en el uso de fibras naturales como refuerzo para concretos, siendo para ello un uso para la construcción sostenible e innovador. Fueron estudiadas las características de resistencia en el concretos reforzados con fibras naturales con su medidas y concentraciones de 20, 30 y 40 milímetros y con una concentración variable entre el 0.5% y el 2.5% de las dos fibras, habiéndose evaluado la capacidad de soportar cargas compresivas y resistencia al esfuerzo de tracción al rasgado. En el rendimiento los autores han indicado que el uso de fibras híbridas sisal/coir ha mejorado la resistencia a la compresión de los concretos en un 35.98% con fibras de 20 milímetros y en una centralización del 0.5%, siendo las propiedades de los concretos mejoradas para el sisal y el coir por separado en valores del 33.94% y 24.86%, respectivamente, en condiciones óptimas de acuerdo con el uso por parte de ellos. Por el contrario, el artículo también menciona una pérdida de la resistencia del 12.17% para fibras de longitud 30 mm y en concentraciones por encima del 1% en condiciones de no óptimas. Por consiguiente, en la investigación ha quedado demostrado que el uso de fibras naturales híbridas de sisal y coir en concretos mejora notablemente las propiedades mecánicas, en especial resistencia ante esfuerzos compresivos y la resistencia ante cargas de tracción.

Gallegos et al. [36], desarrollaron una investigación centrada en fomentar el avance en construcción sostenible a través de la optimización de materiales ecológicos. En este estudio, se incorporaron mucílago de nopal y fibra de ixtle en mezclas de concreto, analizando su impacto para la RC y RF, transferencia de calor y textura superficial mediante análisis fractales. Los resultados evidenciaron incrementos de 96.5% en resistencia a la compresión y 72.36% en RF frente al concreto estándar. Las mezclas con mayor proporción de mucílago alcanzaron su resistencia máxima en 28 días, debido a los efectos de los iones de potasio y calcio en la cristalización, mientras que las mezclas sin estos aditivos alcanzaron menores resistencias en 14 días. Este estudio confirma la viabilidad de los aditivos naturales como opción sostenible, 15

mejorando las propiedades del concreto y reduciendo el impacto ambiental, abriendo así nuevas posibilidades de exploración en materiales respetuosos con el medio ambiente.

Dhanabalan et al. [37], investigaron un material compuesto natural reforzado con polvo de semillas de dátil y goma de neem, como una alternativa ecológica y sostenible para diversas aplicaciones industriales. Utilizando resina epoxi como matriz y aplicando el método de moldeo por compresión, se ajustaron los porcentajes de refuerzos naturales para evaluar sus efectos en las propiedades mecánicas del compuesto. Las pruebas incluyeron ensayos de tracción, flexión e impacto. Los resultados indicaron que, a medida que aumenta la cantidad de goma de neem, disminuye la oposición a la tracción y flexión, aunque la resistencia al impacto se mantuvo constante. La mejor proporción se obtuvo con un 5 % de goma de neem, alcanzando una resistencia máxima a la tracción de 101.4 MPa. A mayores proporciones, la resistencia se redujo, llegando a 85.61 MPa, una disminución del 15.52 %. Estos resultados confirman que el compuesto presenta propiedades mecánicas adecuadas dentro de un rango específico de proporciones, lo que lo convierte en una opción viable para materiales sostenibles, manteniendo un equilibrio entre eficiencia y costo.

Esta investigación surge de la necesidad urgente de encontrar alternativas sostenibles en la construcción, con la meta de minimizar el impacto ambiental y mejorar el rendimiento de los materiales, especialmente el concreto. Dado el incremento en la demanda de soluciones más ecológicas y eficientes, el uso de fibras naturales resulta una opción favorable, ya que no solo optimiza las propiedades mecánicas del concreto, sino que también permite aprovechar los residuos agrícolas, transformando desechos en recursos valiosos para la ingeniería civil. En este sentido, en zonas con condiciones climáticas extremas o de alta sismicidad, la incorporación de estas fibras ha demostrado ser una estrategia eficaz para fortalecer la resistencia del concreto y asegurar estructuras más duraderas, a la vez que se aprovechan recursos abundantes y locales. Esta práctica reduce la dependencia de materiales más costosos y menos sostenibles, promoviendo así una economía circular y alineándose con los principios del desarrollo sostenible. La investigación también logró identificar la dosificación óptima de fibras sin afectar la integridad estructural, lo cual representa un avance hacia una construcción más consciente y adaptada a los retos ambientales y sociales actuales. Asimismo, se examina la deducción de la huella de carbono en comparación con el concreto tradicional, destacando que las fibras naturales, al ser biodegradables, contribuyen a disminuir las emisiones de CO₂, ofreciendo una alternativa a largo plazo más amigable con el ambiente. En resumen, esta investigación no solo mejora los materiales de construcción, sino que también contribuye al desarrollo de un modelo sustentable basado en la responsabilidad ambiental y el bienestar social.

1.2. Formulación del problema

¿Cómo influye la incorporación de FN en el aumento de las posesiones físicas y mecánicas del concreto, manteniendo un rendimiento óptimo de las estructuras sostenibles?

1.3. Hipótesis

La integración de la FN se dispone del concreto estructural mejora sus PF y PM, para su periodo que disminuye su impacto ambiental, favoreciendo la construcción de infraestructuras más sostenibles y eficientes frente al concreto tradicional convencional.

1.4. Objetivos

- **Objetivo Principal**

Evaluar el efecto de incorporar fibras naturales en el aumento de PF y PM de las edificaciones de concreto sostenible, con el objetivo de optimizar su rendimiento y promover el desarrollo de infraestructuras más eficientes y sostenibles, reduciendo al mismo tiempo su impacto ambiental.

- **Objetivos Específicos**

OE. Examinar cómo distintas pautas y correlaciones de FN que afectan las PF.

OE. Analizar la influencia de distintas pautas y correlaciones de FN en las PM.

OE. Definir una línea base de comparación en dirección a intensificar el concreto con FN.

OE. Analizar el desempeño del concreto reforzado con fibras naturales en diversas condiciones, para confirmar su viabilidad en estructuras sostenibles.

OE. Estimar la factibilidad económica del uso de fibras naturales en el concreto estructural sostenible, considerando disponibilidad de recursos, costos y beneficios ambientales.

1.5. Teorías relacionadas al tema

F. Naturales

Las FN se han consolidado elementos clave en la creación de materiales de construcción más sostenibles y eficientes. Estas fibras, derivadas de recursos renovables como el sisal, el lino y el bambú, poseen cualidades que las hacen idóneas cuando fortalecer la estructura para el concreto. Además de ser biodegradables, su abundancia y disponibilidad local reducen significativamente el impacto ambiental relacionado con el transporte de materiales. Su incorporación en el concreto proporciona una alternativa ecológica en consonancia con los objetivos de sostenibilidad, contribuyendo también a la disminución de las radiaciones de carbono en el ámbito de la construcción. Asimismo, la capacidad de estas fibras para incrementar aguante a las fuerzas de tracción y la durabilidad del concreto ofrece nuevas perspectivas para un desarrollo de infraestructuras más ecológico [38].

Ductilidad

La ductilidad para el concreto permite que este material se deforme significativamente antes de romperse, disminuye su susceptibilidad a fallos frágiles bajo cargas elevadas. Cuando el concreto se refuerza con fibras naturales, esta propiedad mejoró notablemente, las fibras funcionan para reforzar distribuidos en su estructura, limitando la aparición y propagación de grietas. Fibras como el cáñamo, kenaf y bambú son particularmente efectivas para este 17

propósito, debido a su capacidad para absorber y distribuir tensiones internas, lo que otorga al concreto una mayor ductilidad. Este aumento en ductilidad resulta crucial en situaciones extremas, como terremotos o cargas cíclicas, ya que un concreto más flexible puede deformarse sin fracturarse bruscamente, evitando así fallas estructurales graves. La investigación ha mostrado que, al añadir fibras naturales, el concreto no solo incrementa su suficiencia para soportar impulso de tracción, sino que también aumenta su tenacidad, es decir, su amplitud para absorber energía antes de fallar, lo cual mejora su oposición a la fatiga y a los impactos, propiedades esenciales en estructuras ubicadas en zonas sísmicas o sometidas a cargas variables. Las fibras de bambú, en particular, han demostrado ser muy eficaz para aumentar la flexibilidad en el concreto, especialmente en concentraciones adecuadas, mientras que el kenaf y el cáñamo aumentan su capacidad de disipación de energía, permitiendo una deformación prolongada antes de la fractura. Esta capacidad adicional de absorción de energía es esencial para prevenir fallas estructurales repentinas. Además de mejorar las propiedades mecánicas, a las FN en el concreto promueve la sostenibilidad, son renovables, biodegradables y de bajo costo, lo cual reduce la huella de carbono al disminuir la sujeción para materiales cambiantes de acero. En conclusión, el uso de fibras naturales no solo optimiza el rendimiento mecánico del concreto, sino que también lo convierte en una alternativa más amigable con el medio ambiente, un aspecto cada vez más valorado para las edificaciones actual [39].

Tenacidad

El refuerzo del concreto con fibras naturales es fundamental para aumentar su capacidad de soportar cargas dinámicas y prevenir fallas críticas en aplicaciones estructurales exigentes, siendo particularmente relevante en ingeniería civil, donde la resistencia del concreto ante impactos o vibraciones, como los causados por el tráfico o los movimientos sísmicos, es esencial para la seguridad y durabilidad de las estructuras. La inclusión de fibras naturales en el concreto incrementa la capacidad para las grietas y fracturas, permitiéndole absorber energía de manera más efectiva, ya que las fibras, al estar distribuidas en la matriz del concreto, actúan como refuerzos adicionales que evitan la planificación de esas grietas para que mantengan las tensiones extremas. Además, estas fibras aumentan su tenacidad del concreto, incrementando su resistencia a la fatiga, lo cual es crucial para infraestructuras sujetas a cargas cíclicas, como puentes y carreteras, adicionando su vida útil y reduce el mantenimiento. Fibras como las de cáñamo y kenaf fortalecen características mecánicas, incrementando su resistencia a flexión y tracción, factores que permiten una distribución más eficiente de las tensiones, posibilitando deformaciones antes de la fractura. A nivel ambiental, el uso de fibras naturales también resulta sostenible, ya que, al ser renovables y biodegradables, aportan a disminuir la huella de carbono en comparación con materiales convencionales como el acero, un aspecto fundamental en la construcción moderna. Por ejemplo, el bambú, que es de rápido crecimiento y de fácil acceso, es ideal para minimizar el impacto ambiental sin sacrificar la resistencia estructural del concreto. Investigaciones también han demostrado que el tratamiento superficial de las fibras naturales, mediante procesos químicos como el tratamiento alcalino o agentes de acoplamiento, potenciando así su capacidad de absorber energía y resistir cargas extremas sin fracturarse, lo 18

cual incrementa tanto la resistencia mecánica como la durabilidad del concreto en condiciones extremas. En síntesis, el uso de fibras naturales, lo único que hace no es mejorar su capacidad si no que también su durabilidad del concreto, sino que también fomenta una construcción sostenible, ofreciendo una alternativa viable para desarrollar estructuras seguras y duraderas, capaces de soportar cargas dinámicas y disminuir el impacto ambiental en la construcción [40].

Módulo de Young

Young es una propiedad mecánica que determina la tensión de un material y su habilidad para soportar distorsiones elásticas cuando se le aplica una carga. Este valor describe la correlación entre el impulso aplicado al material y alteración para genera, indicando cuánta fuerza es necesaria para deformarlo de forma reversible. En el caso del concreto con FN por ejemplo las de cáñamo, kenaf y bambú, el módulo de elasticidad es fundamental para entender cómo el material responde a las tensiones sin alcanzar el punto de fractura. La adición de fibras naturales aumenta la flexibilidad del concreto, permitiendo que se deforme más sin daño permanente; esto se debe a que las fibras refuerzan la matriz del concreto, distribuyendo mejor las tensiones y evitando zonas de esfuerzo concentrado que podrían causar grietas o fallas. Este módulo es especialmente relevante en estructuras donde el concreto soporta cargas variables o extremas, como en puentes, edificios altos o construcciones en zonas sísmicas, ya que permite que el concreto absorba estas fuerzas sin comprometer su integridad. Estudios muestran que, al incluir fibras como el bambú, el módulo de elasticidad del concreto puede optimizarse para obtener un equilibrio entre resistencia y flexibilidad, optimizando tanto su rendimiento como su durabilidad bajo cargas cambiantes. Además, tratamientos especiales en las fibras, como el tratamiento alcalino, aumentan la unión entre las fibras y matriz de concreto, incrementando el módulo de elasticidad y permitiendo una mejor recuperación tras la deformación. Desde una perspectiva sostenible, las fibras naturales reducen la sujeción material no reutilizables y disminuyen la rigidez del concreto, haciéndolo adecuado para resistir cargas dinámicas sin fracturarse. En resumen, para el concreto con FN es una alternativa más ecológica y eficaz en términos de comportamiento mecánico, alineándose con las demandas actuales de sostenibilidad en la construcción [41].

Eficiencia Energética

El concreto reforzado con fibras naturales mejora la eficacia energética tanto en la elaboración como durante la vida útil de las estructuras. Fibras como las de cáñamo, kenaf y bambú actúan como aislantes térmicos gracias a su baja conductividad, lo que ayuda a mantener temperaturas internas más constantes en los edificios y disminuye la demanda de calefacción o refrigeración, optimizando así el consumo de energía. Además, estas fibras son recursos renovables y requieren poca energía en su producción, lo cual reduce la energía embebida en el concreto en comparación con materiales como el acero. Su inclusión también prolonga la vida útil del concreto, minimizando la necesidad de reparaciones y el gasto energético asociado al mantenimiento. En resumen, el uso de fibras naturales no solo mejora el rendimiento térmico,

sino que también disminuye el impacto ambiental de las construcciones, haciendo el ciclo de vida del material más sostenible y energéticamente eficiente [42].

Autocompactado

En concreto reforzado con fibras naturales es una característica clave que permite que la mezcla fluya y se distribuya uniformemente sin requerir vibración mecánica, mejorando así la adhesión y evitando la separación de los componentes. Fibras naturales como kenaf, cáñamo y bambú apoyan para aumentar la viscosidad del concreto, asegurando una distribución homogénea de los agregados y fibras en la matriz. Esto no solo fortalece propiedades mecánicas como la oposición a la tracción y tenacidad, sino que también reduce el tiempo de construcción y los costos al eliminar la necesidad de vibración externa. Además, esta propiedad contribuye a la sostenibilidad al disminuir el uso de energía y la contaminación acústica en el sitio de obra, convirtiéndose en una alternativa eficiente y ecológica para la construcción actual [43].

Permeabilidad

La permeabilidad en el concreto es una propiedad esencial que determina su capacidad para resistir la entrada de líquidos y gases, como agua, cloruros, sulfatos y dióxido de carbono. Una permeabilidad elevada puede acelerar el deterioro de las estructuras, especialmente debido a la corrosión de las barras de acero y la expansión del ciclo de congelación-descongelación, y la aparición de grietas, lo cual afecta significativamente su durabilidad. Reducir la permeabilidad es, por lo tanto, crucial para asegurar la longevidad de las infraestructuras, especialmente aquellas expuestas a ambientes severos. Incorporar fibras naturales como cáñamo, kenaf y bambú en el concreto ayuda a disminuir su permeabilidad. Estas fibras se distribuyen uniformemente en la matriz del concreto, reforzando y mejorando su capacidad para resistir la formación de microgrietas, las cuales son vías principales para la entrada de agua y otros agentes agresivos. Al actuar como un refuerzo adicional, las fibras previenen la expansión de fisuras bajo cargas o cambios térmicos, reduciendo así la conectividad entre poros y, en consecuencia, disminuyendo la permeabilidad del material. Una menor permeabilidad hace que el concreto sea más resistente a procesos de degradación, especialmente en entornos agresivos como zonas costeras, donde la salinidad acelera la corrosión del refuerzo. Al limitar la infiltración de agua, el concreto con fibras naturales también resiste mejor los ciclos de congelamiento y descongelamiento, evitando fisuras y desintegración en su estructura. Este efecto protector incrementa la durabilidad del concreto y reduce los costos de mantenimiento a largo plazo. Como resultado final, la adición de fibras naturales fortalece las cualidades mecánicas del concreto y simultáneamente disminuye su penetrabilidad, haciéndolo más resistente a agentes agresivos y adecuado para condiciones extremas, prolongando su vida útil [44].

Retracción

La retracción en el concreto es un fenómeno que ocurre cuando el material pierde agua durante el endurecimiento, lo que provoca una disminución en su volumen. Existen distintos tipos de retracción, como la retracción plástica y la retracción por secado, que pueden causar tensiones

internas en la matriz del concreto. Si estas tensiones superan la capacidad de resistencia del material, se pueden generar grietas, afectando la integridad estructural y reduciendo la durabilidad de la construcción. Este proceso es especialmente crítico en grandes volúmenes de concreto, como en losas o estructuras masivas, donde las variaciones en la velocidad de secado entre las capas internas y externas pueden agravar la formación de grietas. La adición de fibras naturales, como las de cáñamo, kenaf o bambú, ayuda a reducir los efectos adversos de la retracción en el concreto. Estas fibras funcionan como refuerzos que limitan la aparición y expansión de microgrietas, al absorber parte de las tensiones internas generadas durante la contracción. Al distribuir las tensiones de manera uniforme en la matriz, las fibras naturales minimizan el riesgo de fracturas y mejoran la cohesión interna del concreto. Esto no solo previene la formación de grietas visibles en la superficie, sino que también limita el desarrollo de microfisuras internas, las cuales podrían permitir la entrada de agua y agentes agresivos, aumentando la permeabilidad y acortando la vida útil del material. Además, estas fibras mejoran la amplitud del concreto para soportar otros efectos de la retracción, como las grietas por contracción térmica, que ocurren cuando el concreto se enfría rápidamente tras endurecerse a altas temperaturas. Las fibras ayudan a disipar el estrés térmico, reduciendo la posibilidad de tensiones concentradas que generan grietas. Por tanto, el uso de fibras naturales no solo fortalece la resistencia mecánica del concreto, sino que también desempeña un rol esencial en reducir la retracción, ayudando a prevenir grietas y otros defectos relacionados con el endurecimiento. Esto aporta mayor estabilidad dimensional, mejor resistencia a las cargas y mayor durabilidad de las estructuras, además de disminuir los costos de preservación y arreglo a largo plazo [45].

Microgrietas

Las microgrietas son pequeñas fisuras que aparecen en la matriz del concreto, generalmente a nivel microscópico, y son comunes durante la técnica del secado y dureza perceptible. Aunque estas fisuras no siempre son visibles a simple vista, pueden perjudicar considerablemente la RD para el concreto, por lo general permiten la entrada de agentes externos, como agua, cloruros y sulfatos, que aceleran su degradación. Con el tiempo, estas microgrietas pueden conectarse y formar grietas mayores, comprometiendo la integridad estructural y reduciendo la resistencia a la tracción y compresión, además de aumentar la permeabilidad. La retracción, que ocurre cuando el concreto pierde agua y se endurece, es una de las principales causas de estas fisuras. Las tensiones derivadas de este proceso pueden exceder la resistencia del material, causando la aparición de microgrietas. Otros factores, como cargas cíclicas, ciclos de congelamiento y descongelamiento o cambios térmicos bruscos, también contribuyen al desarrollo de microgrietas, especialmente en estructuras expuestas a condiciones ambientales adversas. La inclusión de fibras naturales, como cáñamo, kenaf y bambú, en la mezcla de concreto ha demostrado ser efectiva para disminuir la aparición de estas fisuras. Estas fibras actúan como refuerzos para la rigidez de forma más uniforme y evitando la propagación o conexión de las pequeñas fisuras. Al absorber parte de las tensiones internas generadas durante el secado o bajo cargas, la FN contribuyen a limitar el crecimiento de microgrietas, mejorando así la

resistencia general del concreto. Además, el uso de fibras naturales aporta mayor tenacidad al material, permitiéndole soportar deformaciones antes de fracturarse, un beneficio fundamental en situaciones donde el concreto experimenta cargas fluctuantes o movimientos vibratorios, en edificios ubicados en zonas sísmicas. El control de las microgrietas gracias a las fibras aumenta la durabilidad del concreto y reduce su permeabilidad, limitando la infiltración de agua y otros agentes corrosivos, lo cual extiende la vida útil de las estructuras. En conclusión, aunque las microgrietas son un desafío inherente al uso del concreto, la incorporación de fibras naturales contribuye a controlar su formación y propagación, mejorando así la resistencia y durabilidad del material, y apoyando la sostenibilidad y rendimiento a largo plazo de las construcciones hechas con concreto reforzado [46].

Estructura Sostenible

El concepto de estructura sostenible se centra en diseñar edificaciones que no solo satisfagan los estándares técnicos y funcionales, sino que también minimicen su efecto en el medio ambiente durante todo su periodo de vida. Este enfoque integral abarca la selección de materiales con una baja huella ecológica, el uso racional de los recursos y la incorporación de tecnologías que promuevan la eficiencia energética. Las fibras naturales se ajustan bien a este enfoque, ya que, al ser de origen renovable, ayudan a crear estructuras con menores radiaciones de gases de efecto invernadero y disminuyen la dependencia de materiales no renovables. La sostenibilidad considera no solo la fase de construcción, sino también el mantenimiento y la futura construcción de las edificaciones, lo que requiere una planificación a largo plazo orientada a la resiliencia del entorno construido [47].

Concreto Armado

El concreto armado, que se distingue por incorporar refuerzos de acero en su estructura, es esencial en la construcción moderna por su capacidad para resistir tanto esfuerzos de tracción como de compresión de manera eficaz. La adición de fibras naturales a este tipo de concreto ofrece una alternativa innovadora para mejorar su desempeño. Las fibras no solo incrementan la resistencia mecánica del material, sino que también contribuyen a su durabilidad al reducir la formación de fisuras y fortalecer su resistencia frente a problemas como la corrosión del acero de refuerzo. Estas cualidades convierten al concreto armado con fibras naturales en un material altamente competitivo para proyectos que requieren alta resistencia estructural y un enfoque sostenible [48].

Costos

Las FN en la construcción de concreto estructural también impacta significativamente en los costos. Aunque algunas fibras naturales tienen un costo relativamente bajo debido a su abundancia y accesibilidad local, los gastos relacionados con la indagación y el crecimiento de tecnologías para integrarlas eficazmente en el concreto pueden ser elevados al comienzo. Sin embargo, a largo plazo, la disminución en los requerimientos de mantenimiento, derivada de la mejora en la durabilidad y resistencia del concreto, puede compensar estos costos iniciales. 22

Además, la utilización de recursos locales y la menor dependencia de materiales importados pueden contribuir a una reducción general de los costos de construcción [49].

Propiedades Físicas

Las propiedades físicas del concreto estructural, como su densidad, porosidad y capacidad de absorción de agua, son fundamentales para su desempeño a largo plazo. La incorporación de fibras naturales altera estas propiedades al añadir micro refuerzos que ayudan a limitar la propagación de grietas y mejoran la cohesión interna del material. Esto no solo beneficia la durabilidad del concreto, sino que también optimiza su capacidad de adaptación a cambios ambientales, como fluctuaciones de humedad y temperatura. Mejorar estas propiedades físicas es clave para desarrollar un concreto más resistente y adaptable a diversas condiciones climáticas y de aplicación [50].

Propiedades Mecánicas

La incorporación de fibras naturales en el concreto puede mejorar de forma significativa sus propiedades mecánicas, aumentando RT, flexión y compresión. Estas mejoras son esenciales para el diseño de estructuras que deben ofrecer un rendimiento óptimo bajo diversas cargas mecánicas. Las fibras funcionan como refuerzos internos que distribuyen las tensiones de manera más uniforme, disminuyendo el riesgo de fallas tempranas en el material. Además, este fortalecimiento de las propiedades mecánicas permite al concreto soportar mejor tanto cargas dinámicas como estáticas, lo cual es vital para aplicaciones en infraestructuras críticas, como puentes y grandes edificaciones [51].

Materiales Compuestos

El empleo de fibras naturales en concreto estructural da origen a un material compuesto, donde varios materiales con propiedades diferentes se combinan para crear un compuesto con cualidades mejoradas. En este contexto, el concreto, un material naturalmente frágil, se beneficia de las propiedades flexibles y de alta tenacidad de las fibras naturales. Esta combinación genera un material con un rendimiento mecánico superior, capaz de soportar mayores esfuerzos y deformaciones sin comprometer su integridad estructural. Los materiales compuestos son fundamentales en la innovación de la construcción, ya que permiten aprovechar mejor los recursos y optimizar las propiedades del material base [52].

Sostenibilidad

La sostenibilidad en la construcción abarca no solo la disminución del impacto ambiental durante la fase de edificación, sino también el diseño de estructuras que sean eficientes en términos de energía y posean una vida útil extendida. Incorporar fibras naturales en el concreto aporta a la sostenibilidad de diversas formas, limita la utilización de recursos no renovables, mitiga las emisiones carbónicas derivadas de la producción de cemento y potencia la permanencia del material, reduciendo así la frecuencia de reparaciones y mantenimiento. La sostenibilidad es, por

lo tanto, un aspecto fundamental en el diseño de infraestructuras futuras, donde el equilibrio entre el desempeño técnico y el impacto ambiental debe ser cuidadosamente gestionado [53].

Resistencia Mecánica

La resistencia mecánica de un material, en este caso del concreto estructural reforzado con fibras naturales, se cuenta con la amplitud de sostener esfuerzos sin experimentar deformaciones permanentes o fallas estructurales. Al integrarse en la matriz del concreto, las fibras naturales funcionan como puentes que distribuyen las tensiones de manera uniforme, lo que permite que el material soporta mayores cargas sin fisurar ni fracturarse. Este refuerzo especialmente beneficioso en aplicaciones que solicitan grandes niveles de resistencia y durabilidad, como en estructuras expuestas a cargas dinámicas o vibraciones constantes [54].

R. Compresión

Característica fundamental del concreto, ya que determina su habilidad para soportar cargas axiales sin fracturarse. La incorporación de fibras naturales puede mejorar esta propiedad al limitar la propagación de microfisuras en la matriz del concreto, lo que aumenta su capacidad para soportar fuerzas compresivas. Aunque el impacto directo de las fibras en la resistencia a la compresión puede ser modesto, su contribución a la cohesión interna y a la resistencia a la fisuración tiene un efecto acumulativo que beneficia el rendimiento general del concreto [55].

Durabilidad

La longevidad de los materiales de edificaciones, especialmente en concreto reforzado con fibras naturales, es esencial para la sostenibilidad de las infraestructuras. Integrar fibras naturales en el concreto puede mejorar su resistencia ante factores de deterioro, como la humedad, los ciclos de congelamiento y descongelamiento, y la exposición a agentes químicos agresivos. Al reducir la formación y expansión de fisuras, estas fibras contribuyen a extender la vida útil del concreto, disminuyendo la frecuencia de reparaciones y garantizando un rendimiento sólido a largo plazo. La durabilidad es clave para que las estructuras permanezcan operativas durante su vida útil proyectada, con menores costos ambientales y económicos asociados a su mantenimiento [56].

Materiales de Construcción

La base fundamental de las infraestructuras modernas, y su selección adecuada es vital para garantizar la eficiencia, durabilidad y sostenibilidad de los proyectos. La incorporación de fibras naturales en el concreto como material compuesto innovador ofrece una alternativa ecológica que puede complementar o reemplazar a componentes tradicionales, como el acero o el plástico, utilizados en el refuerzo del concreto. Estos materiales naturales, además de ser renovables, presentan la ventaja de requerir menos energía en su producción, contribuyendo así a una menor huella de carbono en el proceso constructivo [57].

Resistencia a la Tracción

Propiedad mecánica crucial para evaluar el rendimiento estructural del concreto, especialmente en aplicaciones donde las cargas tensionales son elevadas, como en puentes y edificaciones ubicadas en zonas sísmicas. El concreto, por su naturaleza, tiene baja resistencia a los esfuerzos de tracción; sin embargo, al añadir fibras naturales, esta propiedad puede mejorarse notablemente, ya que las fibras distribuyen las tensiones a lo largo de la matriz del material y previenen la expansión de fisuras. Las fibras actúan como elementos de refuerzo, permitiendo que el concreto soporte mayores esfuerzos tensionales sin comprometer su integridad estructural [58].

Resistencia a la Flexión

Esencial en estructuras que deben soportar momentos flectores, como las losas de concreto y vigas. Al integrar fibras naturales en el concreto, se mejora su capacidad flexural mediante la distribución de tensiones y la limitación de fisuras bajo cargas de flexión. Este refuerzo es particularmente valioso para sobreponer su inmensa deformabilidad sin pérdida de resistencia, como pavimentos de concreto o elementos sometidos a cargas de viento. Al fortalecer la resistencia a la flexión, las fibras naturales contribuyen a la creación de estructuras más duraderas y robustas [59].

Rendimiento Estructural

El rendimiento estructural de una edificación depende tanto de las propiedades individuales de los materiales como de su interacción conjunta bajo condiciones de carga. La inclusión de fibras naturales en el concreto estructural puede mejorar considerablemente su comportamiento general, ofreciendo mayor estabilidad y resistencia a las deformaciones. Este rendimiento optimizado resulta en estructuras capaces de soportar cargas y deformaciones mayores sin comprometer su seguridad ni funcionalidad. Al incorporar estas fibras, se logra un diseño estructural más eficiente, lo que permite reducir el uso de materiales y, a la vez, mejorar la eficiencia de las edificaciones [60].

Trabajabilidad del Concreto

Facilidad de combinación, transportado y colocado en obra, es fundamental para asegurar la calidad del material final. Las fibras naturales, en función de su tipo y proporción, pueden influir en esta propiedad al alterar la consistencia del concreto fresco. Es esencial lograr un equilibrio adecuado entre la cantidad de fibras y la fluidez del concreto para obtener una mezcla uniforme que no obstaculice el proceso de construcción. Asimismo, una correcta distribución de las fibras en la matriz es clave para maximizar sus beneficios en las posesiones mecánicas y físicas del concreto [61].

Equilibrio Estructural

El equilibrio estructural hace referencia a la capacidad de una estructura para distribuir las cargas de forma uniforme y resistir esfuerzos sin generar desbalances que puedan ocasionar fallos. La 25

incorporación de fibras naturales en el concreto ayuda a mejorar este equilibrio, ya que facilita una distribución más uniforme de las tensiones y disminuye los puntos de concentración de esfuerzo. Mantener este balance es fundamental para asegurar la estabilidad y durabilidad de las edificaciones a largo plazo, especialmente en zonas expuestas a condiciones adversas, como sismos o vientos fuertes, donde las estructuras deben mantener su integridad frente a esfuerzos dinámicos [62].

Humedad

La humedad es uno de los factores externos que impactan significativamente la durabilidad de las estructuras de concreto. La absorción excesiva de agua puede debilitar el material, promover la corrosión de los refuerzos de acero y acelerar la aparición de fisuras. Al disminuir la permeabilidad del concreto, las fibras naturales contribuyen a reducir la penetración de agua en la estructura, mejorando su resistencia a la humedad y prolongando su vida útil. Controlar la humedad es particularmente crucial en entornos marinos o en zonas tropicales, donde las estructuras están expuestas de forma continua a altos niveles de humedad [63].

Corrosión

La corrosión es un problema crítico en las estructuras de concreto armado, ya que la oxidación del refuerzo de acero puede debilitar la estructura y acortar su vida útil. La incorporación de fibras naturales en el concreto ayuda a reducir la formación de fisuras, lo que limita el acceso de agentes corrosivos, como el agua y el oxígeno, al acero de refuerzo. De este modo, el concreto reforzado con fibras naturales brinda una protección adicional contra la corrosión, siendo especialmente beneficioso en entornos agresivos como zonas costeras o instalaciones industriales químicas [64].

Biodegradabilidad

Una de las ventajas clave de las fibras naturales es su biodegradabilidad, lo que significa que, al finalizar su vida útil, estos materiales se descomponen de forma natural sin dejar residuos perjudiciales para el medio ambiente. Esta cualidad es particularmente valiosa en el ámbito de la construcción sostenible, ya que facilita la creación de infraestructuras con un ciclo de vida cerrado, donde los materiales pueden ser reciclados o reintegrados al entorno natural. La biodegradabilidad de las fibras naturales demuestra cómo la innovación en materiales puede fomentar una construcción más ecológica y responsable [65].

Recursos Locales

El aprovechamiento de recursos locales en la producción de concreto reforzado con FN además de disminuir los gastos de transporte, también impulsa el desarrollo económico local al emplear materiales que se encuentran en la región, se disminuye la dependencia de importaciones y se disminuye la huella de carbono relacionada con el transporte de materiales. Además, el uso de fibras naturales locales puede contribuir a la creación de un modelo para maniobrar los bienes

de una industria que se aprovechan como materia prima para otra, promoviendo así un desarrollo más sostenible [66].

Aislamiento Térmico

Las fibras naturales también ofrecen ventajas en términos de aislamiento térmico, lo que maximiza el aprovechamiento de energía en las construcciones. La capacidad de las fibras para reducir la conductividad térmica del concreto significa que las estructuras construidas con este material pueden ofrecer mejor protección contra las fluctuaciones de temperatura. Esto no solo reduce los costos de calefacción y refrigeración, sino que también mejora el confort de los ocupantes, lo que es especialmente beneficioso en climas extremos. El aislamiento térmico es un factor clave para cumplir con los estándares de construcción sostenible [67].

Innovación en Construcción

La introducción de fibras naturales en la construcción representa una de las principales innovaciones del siglo XXI en la búsqueda de materiales más sostenibles y eficientes. Esta innovación no se limita solo a aumentar las P. mecánicas del concreto, sino que abarca un cambio de paradigma hacia la utilización de materiales renovables que reduzcan el impacto ambiental de la construcción. El futuro de la industria constructiva pasa por la integración de estas tecnologías innovadoras, que no solo mejoran el rendimiento de las infraestructuras, sino que también contribuyen a la preservación del medio ambiente [68].

Materiales

Los materiales son el fundamento de cualquier construcción, y su correcta selección determina tanto el rendimiento como la sostenibilidad de una estructura. La combinación de concreto con fibras naturales crea un material compuesto que maximiza las fortalezas de cada componente individual. Mientras que el concreto proporciona la resistencia a la compresión necesaria para soportar grandes cargas, las fibras naturales mejoran las propiedades de tracción, flexión y durabilidad. Esta sinergia entre materiales tradicionales e innovadores es clave para el desarrollo de infraestructuras más eficientes y sostenibles en el futuro [69].

Innovación

Modernizar la construcción no es una elección, sino un requerimiento fundamental frente a los desafíos contemporáneos de sostenibilidad y eficiencia. Integración de FN en el concreto es un claro ejemplo de cómo la innovación puede transformar materiales tradicionales en soluciones más avanzadas y ecológicas. Este proceso de innovación implica tanto la investigación científica para entender mejor las propiedades de estos nuevos materiales como la adaptación de técnicas constructivas que permitan su integración en proyectos reales. La transformación en la construcción actúa como el eje central del avance en infraestructuras más sostenibles, resistentes y duraderas [70].

II. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

Estrategia de búsqueda, criterios de selección, indicadores bibliométricos y análisis estadístico. Este estudio se presenta como una revisión bibliométrica descriptiva con hipótesis implícitas, en la indagación se ejecutó en la base de datos académica Scopus, destacada por su amplia cobertura en el área de ingeniería civil. La estrategia de búsqueda aplicada fue "TITLE-ABS-KEY (natural AND Fibers AND concrete) AND PUBYEAR > 2023 AND PUBYEAR < 2025", empleando el operador booleano "AND" para localizar documentos originales que exploren el impacto teórico de las fibras naturales en el aumento de las posesiones físicas y mecánicas del concreto estructural sostenible. Esta búsqueda generó un total de 150 documentos, de los cuales 70 fueron seleccionados para el análisis bibliométrico. (Fig. 1)

The screenshot displays the Scopus search results page. At the top, the search query is "natural AND fibers AND concrete". The results show 468 documents found. The first two results are:

Document title	Authors	Source	Year	Citations
1 Article - Open access Rapid quality control for recycled coarse aggregates (RCA) streams: Multi-sensor integration for advanced contaminant detection	Chang, C., Di Maio, F., Bheemireddy, R., ... Gebremariam, A.T., Rem, P.	Computers in Industry, 164, 104196	2025	0
2 Article Mechanical performance of fiber-reinforced concrete incorporating rice husk ash and recycled aggregates	Kumar, P., Gogineni, A., Upadhyay, R.	Journal of Building Pathology and Rehabilitation	2024	0

Figura 1. Estrategia de búsqueda aplicada en la base de datos de la biblioteca académica Scopus.

Siguiendo los principios de inserción y descartes definidos, la búsqueda inicial arrojó 150 documentos, entre artículos, revisiones y tesis. Tras un proceso de selección, se descartaron 80 documentos, resultando en 70 que se analizaron en detalle. Los criterios de inclusión se enfocaron en publicaciones entre 2020 y 2025 que investigan el impacto de fibras naturales en las posesiones físicas y mecánicas del concreto estructural sostenible, en inglés, chino y español. Los temas seleccionados incluyeron resistencia a la compresión, concreto armado, tracción, propiedades mecánicas, mezclas de concreto, durabilidad, resistencia a la flexión, concreto con refuerzos de fibra, impacto ambiental y reciclaje. Esta selección establece una base sólida para explorar el avance en el uso de fibras naturales en concreto entre 2020 y 2025, utilizando una fuente confiable para obtener referencias comparables. Se recopilaron detalles como títulos, autores, años de publicación, citas, fuentes, resúmenes y palabras clave, manteniendo un registro integral. Los datos fueron organizados en categorías como "Autores", "Revistas", "Países de Origen" e "Instituciones" para consolidar la información bibliográfica. Finalmente, toda la información fue exportada en un archivo de Excel desde Scopus para facilitar el análisis estadístico.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultados

Tendencia evolutiva de investigación

En general, las publicaciones sobre el análisis teórico del uso de fibras naturales para renovar las posesiones físicas y mecánicas del concreto estructural sostenible han mostrado una tendencia de crecimiento entre 2023 y 2025, con un promedio de aumento anual del 3.36%. Este crecimiento refleja un interés global por investigar las aplicaciones de estos materiales naturales, evidenciado en el incremento constante de documentos en años recientes. Se anticipa que esta tendencia ascendente continúe, fomentando futuras investigaciones en esta área.

El gráfico mostró que la mayor cantidad de publicaciones se concentró en tres años específicos: 2022 con 11,376 documentos (21%), seguido de 2023 con 13,319 documentos (24%), y finalmente 2024 con 13,766 documentos (25%). En cuanto a 2025, este año aún está en desarrollo, registrando hasta ahora 100 documentos. (Gr.1)

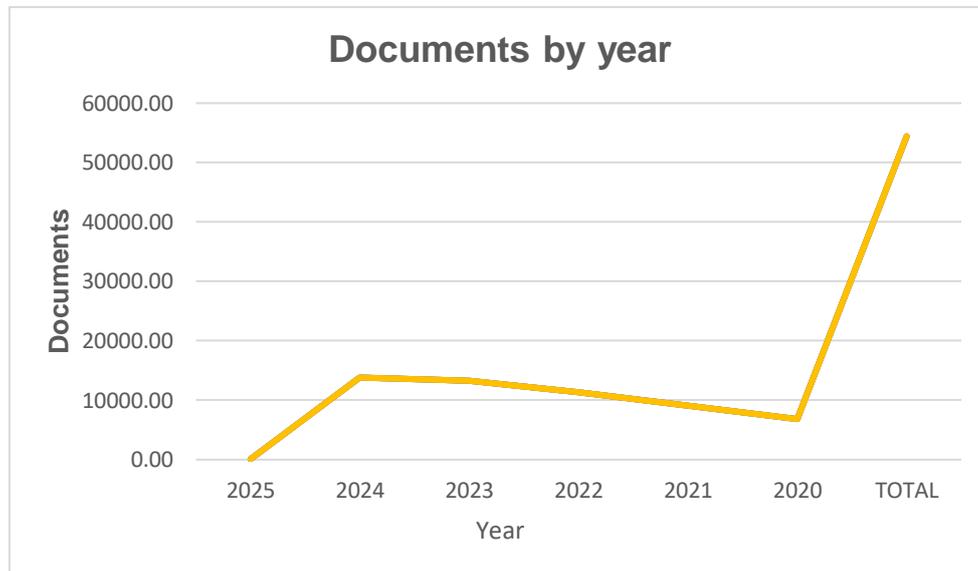
Tabla 1. Número de publicaciones y tasa de crecimiento anual en estudios sobre el efecto de fibras naturales en la mejora de las individuales físicas y mecánicas del concreto estructural sostenible, 2020 - 2025.

Año	N° documentos	%	Tasa de crecimiento anual	
2025	100.00	0%	Actualidad	Evolución
2024	13766.00	25%	2024-2025	Evolución
2023	13319.00	24%	2023-2024	3.36%
2022	11376.00	21%	2022-2023	17.08%
2021	9047.00	17%	2021-2022	25.74%
2020	6807.00	13%	2020-2021	32.90%
TOTAL	54415.00	100%		

Nota: Elaboración Propia

Las tasas de crecimiento anual mostraron variaciones notables entre los distintos años: de 2020 a 2021 hubo un incremento aproximado del 32.9%; de 2021 a 2022 el aumento fue cercano al 25.74%; de 2022 a 2023 se registró un incremento alrededor del 17.08%; de 2023 a 2024 el crecimiento fue de aproximadamente 3.36%. Finalmente, el año 2025 aún está en desarrollo, pero hasta el momento se han registrado 100 artículos de investigación. (Tab.1)

Gráfico 1. Cantidad de publicaciones anuales relacionadas con el efecto de las fibras naturales en el avance de las posesiones físicas y mecánicas del concreto estructural sostenible, 2020 – 2025, con el mayor número de publicaciones alcanzado en 2024.



Nota: Elaboración Propia

La recopilación de datos dio como resultado una muestra de 63 documentos para este análisis bibliométrico. Se revisaron todos los artículos relevantes identificados en Scopus, los cuales sirvieron como fundamento científico para estructurar la investigación bibliométrica sobre el impacto de fibras naturales en el aumento de las posesiones físicas y mecánicas del concreto estructural sostenible entre 2020 y 2025. (Gr. 1)

Tabla 2. Principales artículos sobre el efecto de las fibras naturales en el avance de las posesiones físicas y mecánicas del concreto estructural sostenible, periodo 2020 – 2025.

BASE DATOS	REVISTA O REPOSITORIO	AÑO	PAÍS	AUTORES	TÍTULO TRADUCIDO
ScienceDirect	Construcción y materiales de construcción	2021	Arabia Saudí	Mohammad S. Islam, Syed Ju Ahmed,	Influencia de la fibra de yute en las propiedades del hormigón
ScienceDirect	Revista de Producción Limpia	2023	China	Hansong Wu, Aiqin Shen, Qianqian Cheng, Yanxia Cai, Guiping Ren, Hongmei Pan, Shiyi Deng	Una revisión de los desarrollos recientes en la aplicación de fibras vegetales como refuerzos en el hormigón
ScienceDirect	Materiales Hoy Comunicaciones	2023	Irak	Hussein M. Hamada, Jinyan Shi, Mohammed S. Al Jawahery, Ali Majdi, Salim T. Yousif, Gökhan Kaplan	Aplicación de fibras naturales en el hormigón de cemento Una revisión crítica
ScienceDirect	Materiales de construcción	2022	Taiwán	Chao-Lung Hwang, Vu-A Tran, Jhih-Wei Hong, You-Chuan Hsieh	Efectos de la fibra corta de coco sobre las propiedades mecánicas, el comportamiento de agrietamiento plástico y la resistencia al impacto de los compuestos cementicios
ScienceDirect	Materiales de construcción	2023	Nueva Zelanda	Wenjie Wang, Nawawi Chouw	El Comportamiento del hormigón reforzado con fibra de coco (CFRC) bajo carga de impacto
ScienceDirect	Materiales de construcción	2022	Pakistán	Mehran Khan, Majid Ali	Efecto del superplastificante sobre las propiedades del hormigón de resistencia media elaborado con fibra de coco
ScienceDirect	Ciencia UANL	2023	México	César A. Juárez Alvarado, Patricia Rodríguez López, Raymundo Rivera Villarreal, Ma. De Los Ángeles Rechy De Von Roth	Uso de las fibras naturales de lechuguilla como refuerzo en el concreto
ScienceDirect	Materiales de construcción	2023	China	Yingli Jin, Xinquan Wang, Wen Huang, Xiao Li, Quan Ma	Propiedades mecánicas y de durabilidad del hormigón celular reforzado con fibras naturales híbridas para carreteras
ScienceDirect	Revista de Ingeniería de Ain Shams	2023	Arabia Saudí	Fadi Althoey, Osama Zaid, Ali Majdi, Fahad Alsharari, Saleh Alsulamy, Mohamed M. Arbili	Efecto de las cenizas volantes y el polvo de vidrio residual como sustituto fraccional en el desempeño del hormigón reforzado con fibras naturales
ScienceDirect	Casos prácticos en materiales de construcción	2023	Emiratos Árabes Unidos	Jamal A. Abdalla, Rami A. Hawileh, A. Bahurudeen, G. Jyothsna, A. Sofi, Vigneshwaran Shanmugam, B.S. Thomas	Una revisión exhaustiva sobre el uso de fibras naturales en el hormigón de cemento/geopolímero: un paso hacia la sostenibilidad
ScienceDirect	Actas de Materiales Hoy	2023	India	N. Karthik Krishna, M. Prasanth, R. Gowtham, S. Karthic, Km-Mini	Mejora de las propiedades del hormigón mediante el uso de fibras naturales
ScienceDirect	Materiales hoy: Actas	2022	Emiratos Árabes Unidos	Jamal A. Abdalla, Blessen Skariah Thomas, Rami A. Hawileh	Uso de fibras naturales de cáñamo, kenaf y bambú en hormigones a base de cemento

ScienceDirect	Materiales hoy: Actas	2022	India	S. Prakash Chandar, S.K. Sangeeth Kumar	Propiedades mecánicas del hormigón reforzado con fibras naturales: una revisión
ScienceDirect	Revista de Ingeniería de la Construcción	2020	Pakistán	Muhammad Asim, Ghulam Moeen Uddin, Hafsa Jamshaid, Ali Raza, Zia Ul Rehman Tahir, Uzair Hussain, Aamir Naseem Satti, Nasir Hayat, Syed Muhammad Arafat	Investigación experimental comparativa de hormigón ligero reforzado con fibras naturales como material de construcción térmicamente eficientes
ScienceDirect	Evolución del entorno construido	2023	China	Lin Chen, Zhonghao Chen, Zhuolin Xie, Lilong Wei, Jianmin Hua, Lepeng Huang, Pow-Seng Yap	Avances recientes en el hormigón de fibras naturales: una revisión de propiedades, sostenibilidad, aplicaciones, barreras y oportunidades
ScienceDirect	Investigación India Publicaciones	2020	India	C. Selin Ravikumar, Dr. V. Ramasamy, Dr. T.S. Thandavamoorthy	Efecto de las fibras en los compuestos de hormigón
ScienceDirect	International Journal of Materials Science and Engineering	2023	Líbano	Meheddene M. Machaka, Hisham S. Basha Y Adel M. Elkordi	Efecto de la utilización de fibras naturales de palmito sobre las propiedades mecánicas y la ductilidad del hormigón
Scopus	Estructural Material	2022	Pakistán	Jawad Ahmad, Mohamed Moafak Arbili, Ali Majidi, Fadi Althoey, Ahmed Farouk Deifalla Y Rahmawati	Rendimiento del hormigón reforzado con fibras de yute (fibras naturales): una revisión
Scopus	Estructural Material	2022	Reino Unido	Xiangming Zhou, Harmeet Saini Y Gediminas Kastiukas	Propiedades técnicas del hormigón reforzado con fibras de cáñamo natural tratado
Scopus	Revista Internacional de Ingeniería Civil y Tecnología	2020	India	S. Suresh. Sai Charan	Resistencia y comportamiento del hormigón utilizando combinaciones de fibras naturales y artificiales
Scopus	Material	2020	México	Joaquín F. Castillo Lara, Emmanuel A. Flores-Johnson, Pedro J. Herrera Franco, José G. Carrillo, Alex Valadez González, Pi González Chi y Qm Li	Propiedades mecánicas del hormigón celular reforzado con fibras naturales
Scopus	Material	2021	Pakistán	Hafsa Jamshaid, Rajesh Kumar Mishra, Alí Raza, Uzair Hussain, Dr. Lutfur Rahman, Shabnam Nazari, Vijay Chandan, Miroslav Müller Y Rostislav Choteborsky	Hormigón reforzado con fibras celulósicas naturales: influencia del tipo de fibra y del porcentaje de carga en el rendimiento mecánico y de absorción de agua
Scopus	Informes científicos	2024	Pakistán	Chen Yaqin Saud-UI-Haq, Shahid Iqbal, Inamullah Khan, Habitación Shah Y Shaukat Ali Khan	Evaluación del desempeño de fibras de polipropileno macro sintético dentadas en hormigón autocompactante de alta resistencia (CCE)
Scopus	International Journal of Polymer Science	2021	República Checa	Aamir Mahmood, Muhammad Tayyab Noman, Miroslava Pechočiaková, Amor De Nesrine, Michal Petruú, Mohamed	Geopolímeros y compuestos de hormigón reforzado con fibras en ingeniería civil

				Abdelkader, Jirimilitky, Sebnem Sozcu Y Syed Zameer U Hassan	
Scopus	Publicación con fines específicos	2023	India	Shadheer Ahamed M, Ravichandran.P, Krishnaraja.Ar	Fibras naturales en el hormigón: una revisión
Scopus	Sostenibilidad	2023	Italia	Mehran Dadkhah Y Jean-Marc Tulliani	Gestión de daños en estructuras de hormigón con materiales cementicios de ingeniería y fibras naturales: una revisión de posibles usos
Scopus	Revista de Materiales Renovables	2021	China	Ismail Shah, Jing Li, Jing Li, Yubo Zhang Y Aftab Anwar	Investigación experimental sobre las propiedades mecánicas del hormigón reforzado con fibras naturales
Scopus	Revista de Materiales Renovables	2022	Líbano	Elie Awad, Mounir Mabsout, Bilal Hamad, Mohamad Talal Farran, Y Helmi Jatib.	Estudios sobre Hormigón Reforzado con Fibras de Uso Industrial Fibras de cáñamo
Scopus	Revista internacional de ingeniería	2024	India	Ak Yadava, Vs Chandelb, Ak Raia, A. Dwivedia, V. Kumara, J. Raja	Análisis comparativo de las propiedades mecánicas y térmicas de bloques de hormigón de cal elaborados con plantas de frijol gandul y pasto de zanahoria como reemplazo parcial de agregados finos
Scopus	Revista de Ingeniería de Ain Shams	2024	India	A. Rajkohila, S. Prakash Chandar, Panruti Thangaraj Ravichandran	Evaluación del efecto de la fibra natural sobre las propiedades mecánicas y características microestructurales del hormigón de alta resistencia
Scopus	Mechanics of Advanced Composite Structures	2024	Irán	Hossein Taghipoora, Jaber Mirzaei	Análisis y mejora de la resistencia a la flexión y al impacto de materiales compuestos mejorados con nanopartículas y fibras naturales
Scopus	Ciencia de los Materiales	2022	India	Dinesh Dhanabalan, Rajasekar Rathanasamy, Vijayakumar Vediappan, Nandana Raghuraj, Pavithra Kathiresan, Thirumurugan Jeyakumar, Prakashraj Muthaiya	Investigación experimental de compuestos de fibra natural reforzados con semillas de dátiles y polvo de neem
Scopus	Cartas de polímero exprés	2024	Egipto	Ramadán, Mohamed Taha, Ahmed Elsabbagh	Procesamiento y caracterización de compuestos epóxicos reforzados con fibras naturales ignífugas y construcción de tablas de selección para aplicaciones de ingeniería
Scopus	National University of Chimborazo	2023	Ecuador	Benitez Soxo Walther Israel	Materiales compuestos cementosos reforzados con tejidos de fibras naturales aplicados en estructuras de hormigón armado, estudio de revisión
Scopus	Materiales	2024	Alemania	Linus Joaquín Y Vincent Oettel	Investigaciones experimentales sobre la aplicación de fibras vegetales naturales en hormigón de ultra alto rendimiento
Scopus	Revista de Producción Limpia	2023	Italia	Roberto Merli, Michele Preziosi, Alessia Acampora, Maria Claudia Lucchetti, Elisabetta Petrucci	Cauchos reciclados en hormigón armado: Una revisión sistemática de la literatura

Scopus	Ciencias Aplicadas	2024	Polonia	Ewa Szczepanik, Piotr Szatkowski, Edyta Molik Y Kinga Pielichowska	Efecto de las fibras naturales de origen animal y vegetal en el proceso de degradación de los compuestos PLA
Scopus	Colombia Forestal	2024	Perú	Luis Ferroel Gamarra Romero José Alberto Cipra Rodríguez, Héctor Enrique González Mora, Aldo Joao Cárdenas Oscanoa	Efecto de la adición de aceite de palma (<i>Elaeis guineensis</i> (Jacobo.) Fibras de mesocarpo para compuestos de cemento
Scopus	Heliyon	2023	Kenia	Bernard Adjei Antwi-Afaria, Rafael Mutukub, Charles Kabubodo, Juan Mwerod, William Kithiia Mengo	Influencia de los métodos de tratamiento de fibras en las propiedades mecánicas del hormigón de alta resistencia reforzado con fibras de sisal
Scopus	Actas de ingeniería	2023	India	Muralidhar Nagarajaiah, Raveesh Ranganathappa Mahadevaiah, Parroquia De Kishan Rao Bangri Y Pavan Hiremath	Estudio numérico sobre paneles reforzados con fibra de tallo de inflorescencia de coco sometidos a carga de tracción Carga de compresión y carga de flexión
Scopus	Revista de fibras naturales	2024	Estados Unidos	Ebisa T. Daba, Daniel H. Zelleke, Vasant A. Matsagar, Shashank Bishnoi Y Venkateshkumar R. Kodur	Caracterización de cuerdas de fibras naturales de origen vegetal para su posible aplicación futura como refuerzo en estructuras de hormigón
Scopus	Wiley	2024	Bangladesh	El Señor Kharshiduzzaman, Mohamed Rejaul Haque, El Señor Shahnewaz Bhuiyan, Sabrul Alam, El Señor Mashuk, Sr. Nayeem Ahmed, Shahidul Haque afgani Y El Sr. MA Gafur	Evaluación de las propiedades mecánicas de un nuevo compuesto híbrido de fibra de ratán y palmera datilera: Un estudio experimental
Scopus	Revista de fibras naturales	2024	Ucrania	Hassina Gheribi, Soumia Teyar, Messaouda Boumaaza, Ahmed Belaadi, Boon Xian Chai, Mahmood MS Abdullah, Abebayehu Abdela Gelgelu E Iryna Klimkina	Estudio estadístico del comportamiento mecánico de la nueva fibra de la <i>Strelitzia Júncea</i> Fibras vegetales: aplicación en hilos ecológicos
Scopus	Revista abierta de ingeniería civil	2024	Malaysia	Siti Khadijah Che Osmi, Casa Hapsa, Maidiana Othman, Norazman Mohamad Nor, Suriyadi Sojipto Y Muhammad Asyrah Hafry Mohd Termizi	Rendimiento de la fibra de bambú en la modificación de las propiedades mecánicas del hormigón
Scopus	Arquitecto Metalúrgico Mater	2024	Malaysia	El Señor Hashim Cmr Ghazali, Ym Daud, Ff Zainal, Mm Al Bakri Abdullah, Ma Faris, Hasyim5, Nnm Nazri, S. Garus, Msm Rasidi	Efectos de diferentes tamaños de fibra en compuestos PLA/fibra de carbono sobre las propiedades mecánicas
Scopus	Revista Internacional de Investigación de Tecnología Multidisciplinaria	2024	India	G. Velmurugana, Jasgurpreet Singh Chohanb, B. Rupaa, Al Priyankkaa, P. Thirunavukarasu M. Abinayaa, V. Jaswanthdo, Matcha Doondi Venkata Kodanda Sai Anveshd	Un breve análisis de la producción de materiales de construcción utilizando refuerzos a base de residuos y textiles reciclados
Scopus	Revista abierta de ingeniería civil	2024	Malaysia	Siti Khadijah Che Osmi, Casa Hapsa, Maidiana Othman, Norazman Mohamad Nor1suriyadi	Rendimiento de la fibra de bambú en la modificación de las propiedades mecánicas del hormigón

Sojiptoy Muhammad Asyrah Hafry Mohd Termizi					
Scopus	Revista Ingeniería	2021	Perú	Yamalit Itamar Olivera, Pérez Sócrates Pedro Muñoz Pérez, Sandro Piero Guevara Saravi	Literatura sistemática sobre la mejora de las propiedades mecánicas del hormigón con fibras de origen artificial-natural
Scopus	Casos prácticos de materiales de construcción	2023	Rusia	Alexey N. Beskopylny, Serguéi A. Stelmakhdo, Evgenii M. Shcherban'd, Levon R. Mailyando, Besarión Meskhimi, Andrei Chernilnikdo, Oxana Ananovaf, Ceyhun Aksoylugramo, Emrah Madena	Hormigón ligero de fibra de arcilla expandida con características mejoradas reforzado con fibras naturales cortas
Scopus	Revista Facultad de Ingeniería	2023	Argelia	Dounia Derdour, Mourad Behim, Mohammed Benzerara	Efecto de las fibras de datilera y polipropileno sobre las características del hormigón autocompactante: estudio comparativo
Scopus	Materiales	2023	Bangladesh	Suvash Chandra Paul, Gideon P.A.G. Van Zijl and Branko Šavija	Efecto de las fibras en la durabilidad del hormigón: Una revisión práctica
Scopus	Ciencias Aplicadas	2023	Italia	Canio Manniello, Giuseppe Cillis, Estatuto De Dina, Andrea Di Pasquale Y Pietro Picuno	Bloques de Hormigón Reforzados con Arundo donax Fibras naturales con diferentes relaciones de aspecto para su aplicación en bioarquitectura
Scopus	Revista de Materiales Renovables	2021	China	Ismail Shah, Jing Li, Yuan Shengyang, Yubo Zhang Y Aftab Anwar	Investigación experimental sobre las propiedades mecánicas del hormigón reforzado con fibras naturales
Scopus	Materiales hoy: Actas	2024	Brasil	Flavia R. Bianchi Martinelli, Marcos Gomes París, Rodolfo De Andrade, Saulo Rocha Ferreira, Francisco A. Marqués, Sergio N. Monteiro Y Alfonso RG De Azevedo	Influencia de la temperatura de secado en las fibras de coco
Scopus	Revista de Ciencia de los Materiales Compuestos	2024	Bahréin	Lucas Daza Badilla, Carneroooy Diaz Noriega, Siva Avudaiappan, Krzysztof Skrzypkowski, Erick I. Saavedra Flores Y Waldemar Korzeniowski	Análisis de las diferencias en las propiedades mecánicas del hormigón con aditivos de fibras naturales y sintéticas
Scopus	Material	2024	Chile	Mathavan, M., Sakthieswaran, N., Babu, O.G.	Conductividad térmica en muestras de hormigón con fibras naturales y sintéticas
Scopus	Ingeniería Cogent	2021	Italia	Rocío R. Gallegos Villela, Fabián D. Larrea Zambrano, Clara E. Goyes López, Josué F. Pérez Sánchez, Edgardo J. Suárez Domínguez & Arturo Palacio Pérez	Efecto de los aditivos naturales sobre las propiedades mecánicas del hormigón

Scopus	Polímeros	2023	Colombia	Oscar Muñoz Blandon, Margarita Ramirez Carmona, Leidy Rendon Castrillon Y Carlos Ocampo-López	Explorando el potencial de la fibra de fique como material compuesto natural: un estudio de caracterización integral
Scopus	Revista de Ingeniería de la Construcción	2024	Ecuador	Azevedo, A.R.G., Marvila, M.T., Tayeh, B.A., Pereira, A.C., Monteiro, S.N.	Fibras naturales para un alimento sostenible mezclas de hormigón
Scopus	Universidad Cesas Vallejo	2021	Perú	Paredes Flores, Ancel Silos Y Sevillano Mendoza, Juan Edwin	Análisis comparativo del comportamiento del concreto adicionando fibras naturales y de polipropileno en la Urb. Nicolás Garatea - Nuevo Chimbote-Ancash-2021
Scopus	Universidad Ricardo Palma	2023	Perú	Alata Navarro, Karla Paola Y Medina Saenz, Valeria Esther	Incorporación de fibras naturales para mejorar las propiedades del concreto desarrollando sustentabilidad en el sector construcción
ScienceDirect	Universidad Señor de Sipán	2023	Perú	Bach. Rodas Alvarez Claudia Fiorella	Propiedades Físicas y Mecánicas de un Concreto Adicionando Fibra de Hoja de Piña
ScienceDirect	Universidad Cesas Vallejo	2024	Perú	Bances Damian, Luis Alberto	Evaluación de la incorporación de fibra de cabuya sobre la resistencia mecánica y al agrietamiento del concreto f'c280 kg/cm ² , Lambayeque-2024
ScienceDirect	Procedía Ingeniería	2023	Romania	Marinela Barbuta, Roxana Bucur, Adrian Alexandru Serbanoiu, Sorin Scutarasu, Adrei Burlacu	Efecto combinado de cenizas volantes y fibras en las propiedades del hormigón de cemento
Scopus	Revista de Ingeniería de la Construcción	2023	China	Chengcheng Wen, Peng Zhang, Juan Wang, Shaowei Hu	Influencia de las fibras en las propiedades mecánicas y la durabilidad del hormigón de ultra altas prestaciones Una revisión
Scopus	Universidad Cooperativa De Colombia	2024	Colombia	Valderrama Palacios Johan David	Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas del hormigón preparado con fibras sintéticas y fibras de coco
Scopus	Revista de Ingeniería Civil	2023	Rusia	Y.E. Begich, S.V. Klyuev, V.A. Jos, A.V. Cherkashin	Hormigón de grano fino con varios tipos de fibras
Scopus	Ingeniería y Tecnología	2023	Canadá	E. Mello, C. Ribellato, E. Mohamed	Mejora de las propiedades del hormigón mediante la adición de fibras
Scopus	Ingeniería y Tecnología	2023	Argelia	D. Derdour, B. Mohammed	Efecto de las fibras de palmera datilera y polipropileno sobre las características del hormigón autocompactante: estudio comparativo
Scopus	Ciencia Aplicada	2023	Italia	C. Manniello, G. Cillis, D. Statuto, A. Di Pasquale, P. Picuno	Bloques de hormigón reforzados con fibras naturales de Arundo Donax con diferentes relaciones de aspecto para su aplicación en bioarquitectura

Nota: Elaboración Propia

Tabla 2. Compendio actual de estudios sobre el uso de fibras naturales en el refuerzo del concreto, recopilados de revistas especializadas en ScienceDirect y Scopus entre 2020 y 2025. Estos estudios, realizados en diferentes países, subrayan la sostenibilidad y las mejoras en las propiedades mecánicas del concreto obtenidas mediante fibras vegetales como yute, coco, cáñamo y sisal. Esta recopilación proporciona una base sólida para analizar los avances y desafíos del empleo de fibras naturales en la construcción sostenible.

Investigadores Prolíficos

Un total de 335 autores participaron en la indagación y difusión de estudios sobre el uso de fibras naturales para renovar las posesiones físicas y mecánicas del concreto estructural sostenible, con un promedio de 4.7 autores por publicación. Entre los investigadores más destacados figuran Wu, Hansong y Ren, Guiping, quienes han contribuido de manera significativa al analizar la incorporación de fibras vegetales en mezclas de concreto estructural. Además, otros investigadores internacionales, como Siti Khadijah, Che Osmi y Walid, Fouad Edris, sobresalen por sus citas y publicaciones en este ámbito.

Muñoz Blandón, Oscar, destaca tanto entre los autores más productivos como entre los más citados, lo que sugiere su liderazgo en el estudio teórico sobre el uso de fibras naturales para renovar las posesiones físicas y mecánicas del concreto estructural sostenible. El perfil de este autor, junto con un análisis bibliométrico de su productividad e impacto entre 2020 y 2025, se muestra en la (Tab. 3) de la investigación, incluyendo mapas de calor que ilustran la distribución de publicaciones de los creadores más conocido en el ámbito de la construcción sostenible con fibras naturales. (Fig. 2)

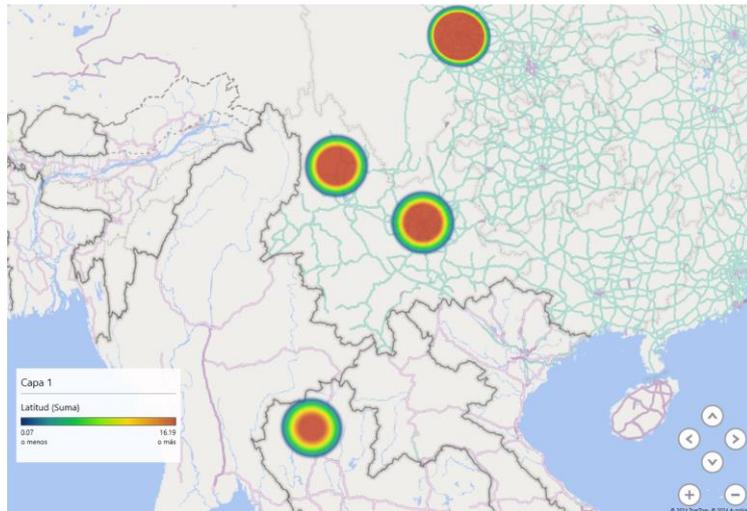
Tabla 3. Perfil de los investigadores más destacados en productividad y citas en el análisis teórico sobre el efecto de las fibras naturales en el avance de las posesiones físicas y mecánicas del concreto estructural sostenible.

LOS AUTORES MÁS PRODUCTIVOS			LOS AUTORES MÁS CITADOS		
Autores	Perfil del Autor		Autores	Perfil del Autor	
	Afiliación/País	Nº de Artículos		Afiliación/País	Nº de Citas
Wu, Hansong	Journal of Cleaner Production, China	15	Siti Khadijah, Che Osmi	Universidad de Defensa Nacional de Malasia, Malasia	7
Chandar, S. Prakash	Construction and Building Materials, China	10	Walid, Fouad Edris	Facultad de Tecnología de Ingeniería Hijawi, Jordania	5
Muñoz Blandón, Oscar	Polímero, Colombia	5	Juárez Alvarado, César A.	Universidad Nacional Autónoma de México, México	1
Jin, Yingli	International Journal of Applied Engineering Research, China	5	Bianchi Martinelli, Flavia R.	Universidad Estadual Paulista, Brasil	1
Siti Khadijah	Open Civil Engineering Journal, Malaysia	2	Badilla, Lucas Daza	Universidad de Chile, Chile	1
Sangeeth Kumar, S. K.	Construction and Building Materials, China	10	Muñoz Blandón, Oscar	Universidad Nacional de Colombia, Colombia	1
Ramírez Carmona, Margarita	Polymers, Colombia	5	Batallas, Josue	Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Ecuador	1
Wang, Xinquan	International Journal of Applied Engineering Research, China	5	Wu, Hansong	Universidad de Tongji, China	1
Hapsa, Husen	Open Civil Engineering Journal, Malaysia	2	Jin, Yingli	Universidad de Tsinghua, China	1
Ren, Guiping	Journal of Cleaner Production, China	15	Awwad, Elie	Universidad Americana de Beirut, Líbano	1

Nota: Elaboración Propia

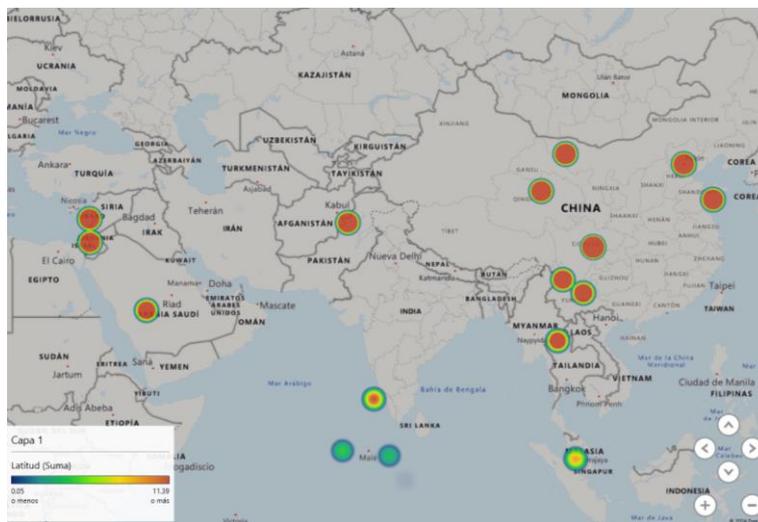
Tabla 3. Esta tabla presenta a los autores más destacados y citación en el terreno de la ingeniería civil, incluyendo su afiliación, país y cantidad de artículos. Entre los más sobresalientes se encuentran Hansong Wu y Ren Guiping, ambos de China, con 15 publicaciones cada uno. La información ofrece una visión clara sobre los principales contribuyentes a nivel mundial.

Figura 2. Mapa de calor de los autores más productivos en este campo.



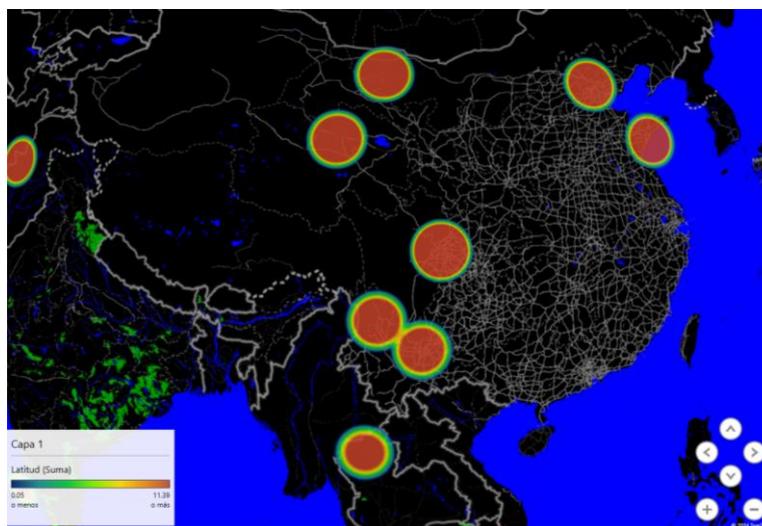
Nota: Elaboración Propia

Figura 3. Mapa de calor con coordenadas de latitud y longitud.



Nota: Elaboración Propia

Figura 4. Mapa de calor con rango 1 y rango 2.



Nota: Elaboración Propia

Figura 2;3;4:

- A.** Mapa de calor en el cual los nodos de mayor densidad (representados en rojo) señalan a los autores más productivos en investigaciones sobre el efecto de fibras naturales en el avance de las posesiones físicas y mecánicas del concreto estructural sostenible.
- B.** Mapa de distribución de autores y sus conexiones en la investigación sobre el efecto de fibras naturales en el aumento de las posesiones físicas y mecánicas del concreto estructural sostenible en el período 2020-2025.
- C.** Mapa de calor que muestra los nodos correspondientes a los autores más productivos en investigaciones sobre el efecto de las fibras naturales en la mejoría de las pertenencias físicas y mecánicas del concreto estructural sostenible.

Revistas más influyentes

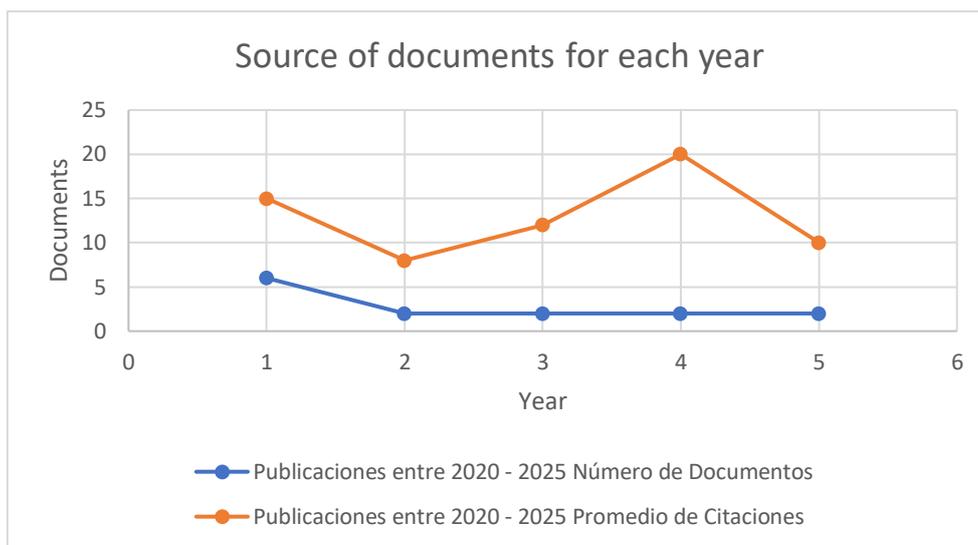
Las cinco revistas que más han influido en la investigación sobre el uso de fibras naturales para renovar las pertenencias físicas y mecánicas del concreto estructural sostenible entre 2020 y 2025 son Materials Today Communications, Materials Proceedings, Structural Material, Journal of Renewable Materials y Journal of Construction Engineering. Estas publicaciones han generado la mayor cantidad de artículos en el área, alcanzando un total de 65 citas. En particular, Journal of Renewable Materials, Journal of Construction Engineering, Materials Today Communications y Structural Material destacaron por sus contribuciones a la investigación sobre fibras naturales en concreto estructural sostenible (ver Tab.4). La (Gr.2) muestra el impacto de estas revistas, resaltando que, en 2024, *Journal of Renewable Materials fue la publicación con el mayor número de artículos en este campo y sigue aumentando su aporte en la investigación.

Tabla 4: Las 5 principales revistas que contribuyeron de manera significativa a la investigación sobre el uso de fibras naturales en concreto estructural sostenible durante el período 2020 - 2025.

PUBLICACIONES 2020 - 2025		
Revista	Número de Documentos	Promedio de Citaciones
Materials Today Communications	6	15
Materials from: Proceedings	2	8
Structural Material	2	12
Journal of Renewable Materials	2	20
Journal of Construction Engineering	2	10

Nota: Elaboración Propia

Gráfico 2: Publicaciones más destacadas desde el año 2020 al 2025.



Nota: Elaboración Propia

Gráfico 2: Resumen de publicaciones en las cinco revistas más relevantes en el área, destacando el año 2024 y la revista *Journal of Renewable Materials*, que sobresalió por sus aportes sobre el impacto de fibras naturales en el aumento de las posesiones físicas y mecánicas del concreto estructural sostenible. Esta revista alcanzó un total de 2 publicaciones en 2024, resaltando en el análisis de materiales sostenibles.

Países e instituciones más influyentes

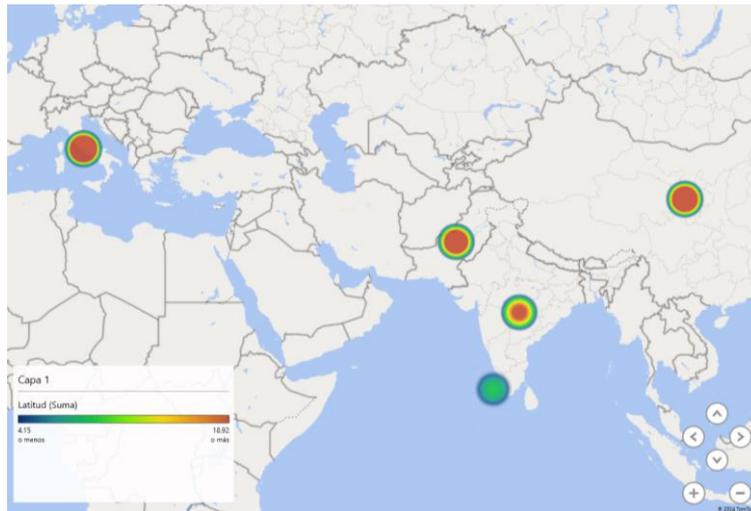
Entre 2020 y 2025, la mayoría de las colaboraciones y publicaciones internacionales en este campo se concentraron en Asia, con India y Pakistán liderando la investigación sobre el uso de fibras naturales para renovar las pertenencias físicas y mecánicas del concreto estructural sostenible. Sin embargo, también hubo contribuciones destacadas de países en América, como Perú, México, Ecuador y Colombia, así como de Europa, especialmente de Italia y Rusia, India sigue siendo el país con una gran cifra de publicaciones y citas en este ámbito. (Tab. 5)

Tabla 5: Número de documentos y citas de los cinco países principales con mayor cantidad de publicaciones sobre el efecto de fibras naturales en el progreso de las pertenencias físicas y mecánicas del concreto estructural sostenible, período 2020–2025.

PUBLICACIONES 2020 - 2025		
Países Seleccionados	Número de Documentos	Número de Citaciones
India	10	150
China	6	120
Pakistán	5	30
Perú	5	10
Italia	4	50

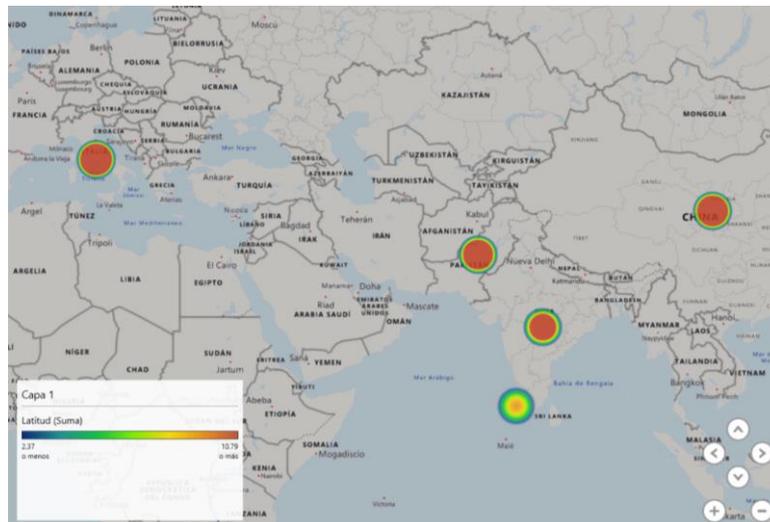
Nota: Elaboración Propia

Figura 5. Mapa de calor de los países con más publicaciones en este campo 2020 - 2025.



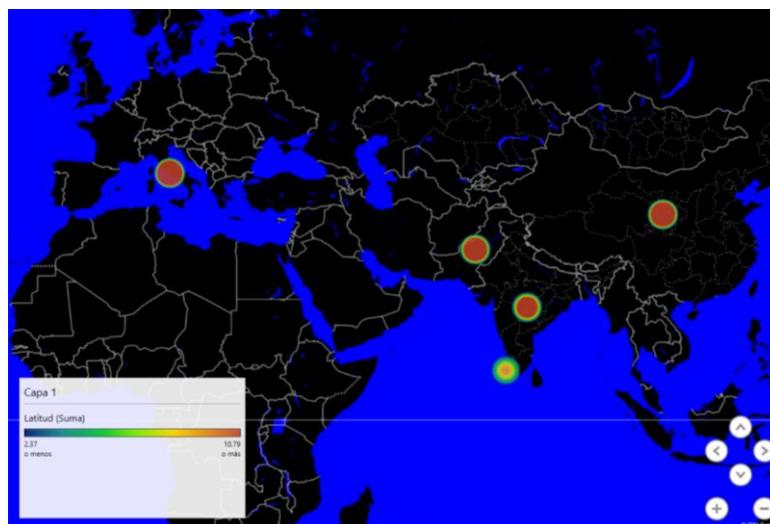
Nota: Elaboración Propia

Figura 6. Mapa de calor con coordenadas de latitud y longitud.



Nota: Elaboración Propia

Figura 7. Mapa de calor con rango 1 y rango 2.



Nota: Elaboración Propia

Figura 5;6;7:

- A.** Mapa de calor en el que los nodos en rojo representan los países con mayor número de citas en estudios sobre el uso de fibras naturales para renovar las pertenencias físicas y mecánicas del concreto estructural sostenible.
- B.** El tamaño de las burbujas refleja la cantidad de publicaciones, con cada color distintivo. Las burbujas de mayor tamaño indican un mayor volumen de documentos publicados por país, destacándose India con el nodo rojo más prominente.
- C.** Mapa de calor que muestra los nodos correspondientes a los países más citados, clasificados en rango 1 y rango 2, en estudios sobre el efecto de fibras naturales en el mejoramiento de las propiedades del concreto estructural sostenible.

La distribución de los países más productivos coincide notablemente con las instituciones más influyentes y colaborativas en esta área de indagación, como se examina en la (Tab. 6). La Universidad de Tongji y la Universidad de Tsinghua en China desempeñaron un papel clave en la publicación de estudios sobre el impacto de fibras naturales en la mejoría de las posesiones físicas y mecánicas del concreto estructural sostenible. También se presenta un mapa de redes que muestra las organizaciones que apoyaron a estas instituciones en el crecimiento de exploraciones en este campo. (Fig.8)

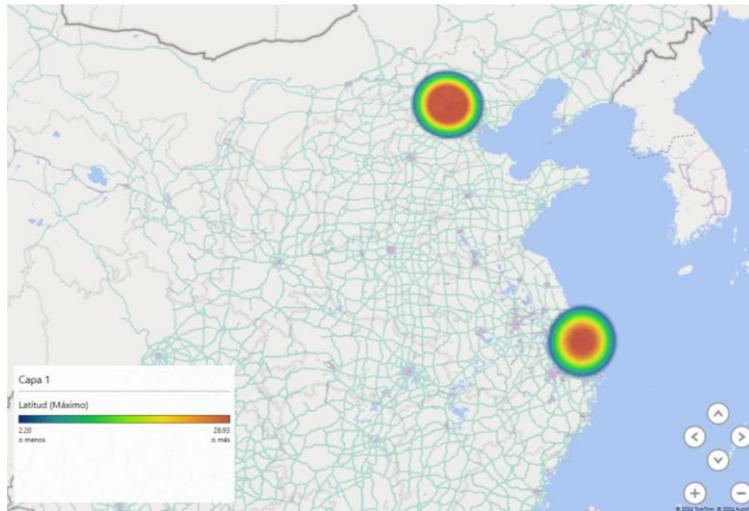
Tabla 6: Las 5 principales instituciones que han realizado las mayores contribuciones en la investigación sobre el uso de fibras naturales en concreto estructural sostenible durante el período 2020-2025.

Institución	País	Número de Artículos	Número de Citas
Universidad de Defensa Nacional de Malasia	Malasia	5	120
Facultad de Tecnología de Ingeniería Hijawi	Jordania	3	75
Universidad Nacional de Colombia	Colombia	7	200
Universidad de Tongji	China	10	300
Universidad de Tsinghua	China	8	250

Nota: Elaboración Propia

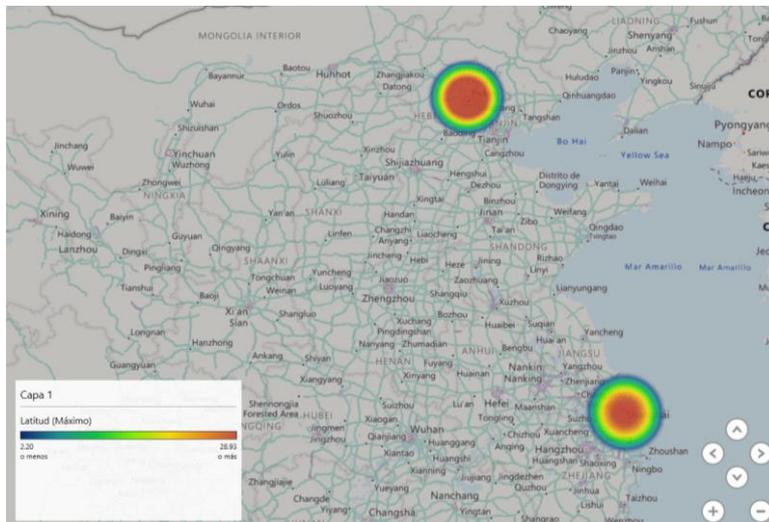
Las universidades de Tongji y Tsinghua en China sobresalen por su alto número de publicaciones y citas, destacando su liderazgo e influencia en el campo. En Latinoamérica, la Universidad Nacional de Colombia se consolida como un referente importante, mientras que instituciones en Malasia y Jordania, aunque con menor cantidad de publicaciones, muestran un notable impacto en citas, reflejando la calidad. Esta diversidad geográfica evidencia el creciente interés global por materiales de construcción sostenibles y subraya la importancia de fomentar colaboraciones internacionales para impulsar el conocimiento y la innovación en este ámbito.

Figura 8. Mapa de calor de las instituciones con más prestigio sobre este tema.



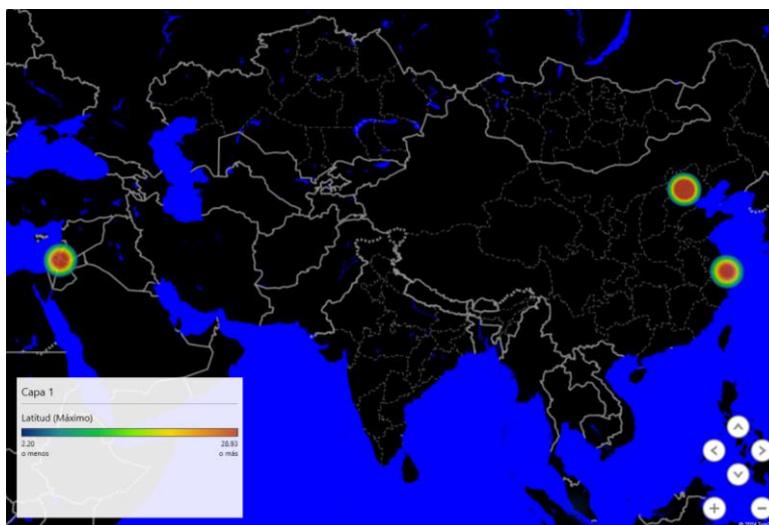
Nota: Elaboración Propia

Figura 9. Mapa de calor ubicados con coordenadas de latitud y longitud.



Nota: Elaboración Propia

Figura 10. Mapa de calor de las instituciones con más publicaciones en este campo 2020 - 2025.



Nota: Elaboración Propia

Figura 8;9;10:

- A. Mapa de calor que muestra las instituciones que han contribuido a la investigación sobre el uso de fibras naturales para renovar las pertenencias físicas y mecánicas del concreto estructural sostenible.
- B. Los nodos de alta densidad (en rojo) indican a las instituciones con mayores aportes en esta área, destacándose la Universidad de Tongji y la Universidad de Tsinghua en China.
- C. Mapa de calor con los nodos de las instituciones en Asia y América, clasificadas en rango 1 y rango 2, que han participado en estudios sobre el efecto de fibras naturales en el mejoramiento de las propiedades del concreto estructural sostenible.

Discusión

Este estudio se enfoca en un análisis teórico de cómo la integración de fibras naturales en el concreto estructural puede mejorar sus propiedades físicas y mecánicas, buscando alternativas sostenibles y eficientes para la construcción. Los resultados obtenidos, al ser comparados con estudios recientes, muestran que el uso de fibras naturales no solo es viable ambientalmente, sino que también tiene el potencial de mejorar significativamente el desempeño del concreto en diversas aplicaciones estructurales. La incorporación de fibras como coco, sisal y yute ha demostrado beneficios importantes en términos de resistencia a la tracción y flexión, además de una mayor durabilidad del concreto bajo condiciones adversas. En particular, los estudios destacan que algunas fibras pueden reducir el agrietamiento y aumentar la resistencia al impacto y a la abrasión del concreto, propiedades fundamentales para aplicaciones donde la integridad y durabilidad son esenciales. Un hallazgo relevante es que las fibras naturales tienden a reforzar la matriz cementante, distribuyendo las cargas de manera uniforme y limitando la expansión de grietas a nivel microestructural. Este efecto se relaciona con la capacidad de las fibras para actuar como puentes en microfisuras, mejorando así la resistencia a fracturas. Sin embargo, el tipo de fibra y su tratamiento previo son factores determinantes en su efectividad. Por ejemplo, fibras como yute y cáñamo requieren un tratamiento adecuado para asegurar su compatibilidad con el concreto, evitando problemas de degradación y manteniendo la integridad estructural a largo plazo. Además, algunas fibras tienen una tendencia a absorber humedad, lo que podría reducir la durabilidad en ambientes húmedos, sugiriendo la necesidad de investigar tratamientos de superficie y modificaciones químicas para mitigar esta vulnerabilidad. La compatibilidad entre las fibras y la matriz de concreto es otro aspecto crítico. A diferencia de las fibras sintéticas, las naturales poseen una estructura más heterogénea que puede afectar la cohesión del concreto si no se integran adecuadamente. Este aspecto plantea una oportunidad de investigación para optimizar la dosificación y dispersión de las fibras, así como para desarrollar aditivos que mejoran la adhesión entre la fibra y el cemento. Aunque las fibras sintéticas, como el polipropileno o el acero, ofrecen consistencia y uniformidad que facilitan el control de calidad, su impacto ambiental es considerablemente mayor que el de las fibras naturales. Estudios recientes subrayan que la producción de fibras naturales emite menos CO₂ y requiere menos energía, alineándose con los objetivos de sostenibilidad en construcción. Además, las fibras naturales son biodegradables y,

en muchos casos, se pueden cultivar de manera sostenible, lo que representa una ventaja ambiental significativa sobre las alternativas sintéticas. La investigación teórica sugiere que el concreto estructural reforzado con fibras naturales podría llegar a ser una práctica común, especialmente en proyectos donde la sostenibilidad y el impacto ambiental son prioritarios. En áreas rurales o regiones con recursos limitados, el uso de fibras naturales locales podría reducir costos y fomentar la autoconstrucción sostenible. No obstante, para que estas aplicaciones sean adoptadas a gran escala, será crucial desarrollar normativas y guías técnicas que aseguren la calidad y durabilidad del concreto reforzado con fibras naturales, dado que las variaciones en el comportamiento de las fibras pueden influir en su rendimiento estructural. Las investigaciones futuras deberán centrarse en métodos de tratamiento de fibras más efectivos, en el diseño de compuestos híbridos que combinen fibras naturales con sintéticas, y en la evaluación de su comportamiento bajo diversas condiciones ambientales y de carga. En conclusión, el uso de fibras naturales en concreto estructural sostenible es una innovación prometedora que responde a los desafíos de sostenibilidad en construcción. Sin embargo, para maximizar su efectividad, se requiere un enfoque multidisciplinario que abarque ciencia de materiales, ingeniería química y diseño estructural. Este análisis teórico proporciona una base conceptual robusta, pero futuras investigaciones experimentales serán fundamentales para validar y optimizar estas aplicaciones en contextos de construcción reales, impulsando una industria constructiva más ecológica y sostenible.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- El análisis del impacto de fibras naturales en el concreto sostenible ha demostrado mejoras en la resistencia física y mecánica del material, haciendo que su incorporación beneficie tanto la durabilidad como la resistencia sin comprometer su trabajabilidad. Estos resultados sugieren que las fibras naturales pueden ser una alternativa viable y ecológica al concreto convencional. A futuro, será clave investigar las dosificaciones y los métodos de procesamiento óptimos para maximizar la integración de fibras naturales en infraestructuras, consolidando su uso en aplicaciones estructurales.
- Se investigó cómo la variabilidad en tipos y proporciones de fibras naturales afecta la densidad, absorción y permeabilidad del concreto. En cantidades óptimas, estas fibras aumentan la cohesión y reducen la fisuración superficial, aunque un exceso puede comprometer la homogeneidad de la mezcla.
- Se observó un incremento en la resistencia a la tracción y flexión al añadir fibras naturales en proporciones adecuadas, aunque su efecto en la resistencia a la compresión es menos significativo y, en ciertos casos, puede ser negativo si las fibras superan ciertos límites. Esto indica la necesidad de crear técnicas que optimicen la cohesión para las fibras sin afectar negativamente la resistencia a la compresión, abriendo una vía para innovar en concretos de alto rendimiento en aplicaciones estructurales.

- Las pruebas comparativas indican que el concreto con fibras naturales presenta un rendimiento competitivo frente a los refuerzos sintéticos, destacándose en aplicaciones que priorizan la sostenibilidad y el bajo impacto ambiental, especialmente en zonas donde los materiales pueden obtenerse localmente.
- El concreto reforzado con fibras naturales ha mostrado buena resistencia a la degradación en entornos húmedos, lo que sugiere un potencial prometedor para estructuras expuestas a condiciones climáticas adversas. No obstante, futuras investigaciones deberán enfocarse en mejorar la durabilidad y cohesión de las fibras para evitar su degradación a lo largo del tiempo, aspecto crucial para aplicaciones estructurales de larga duración.
- La incorporación de fibras naturales presenta ventajas económicas en contextos donde estos materiales son accesibles y sostenibles. Además de los beneficios ambientales, el impacto positivo en la economía confirma su valor en proyectos sostenibles. A largo plazo, el uso de fibras naturales podría reducir costos en comparación con materiales tradicionales, especialmente al disminuir la necesidad de mantenimiento, alineándose así con los principios de la economía circular.

Recomendaciones

- Es recomendable que futuras investigaciones profundicen en aspectos específicos que en este trabajo se han tratado de manera introductoria. Esto podría incluir una exploración detallada de elementos clave y su relevancia en otros contextos o poblaciones.
- Para optimizar la calidad y precisión de los resultados, sería beneficioso revisar y ajustar la metodología aplicada, especialmente en la recolección y análisis de datos. Implementar métodos complementarios o herramientas tecnológicas avanzadas podría ofrecer una visión más completa y detallada.
- Se sugiere que los aciertos de esta investigación se difundan mediante publicaciones académicas y conferencias para que los profesionales del área los consideren en la práctica, contribuyendo así a decisiones basadas en evidencia.
- Colaborar con expertos de otras disciplinas puede aportar una perspectiva enriquecida y un enfoque más integral, mejorando la calidad y aplicabilidad de los resultados con un análisis multifacético.
- Estas recomendaciones no solo refuerzan la estructura y metodología de futuras investigaciones, sino que también aseguran que los resultados obtenidos se utilicen al máximo y se adapten a diferentes escenarios, ampliando el impacto del estudio en su campo de aplicación.
- A partir de los hallazgos obtenidos, se aconseja que futuras investigaciones se enfoquen en aspectos específicos de las variables implicadas. Esto permitirá una comprensión más profunda del fenómeno y el desarrollo de conocimientos aplicables en contextos más amplios.

- La metodología laborante en este estudio ha sido eficaz para alcanzar los objetivos propuestos; no obstante, futuros trabajos podrían beneficiarse al incluir métodos complementarios que permitan un análisis más diverso y detallado. En particular, se sugiere la incorporación de herramientas avanzadas para el análisis cualitativo y/o cuantitativo, como software de análisis de datos o técnicas estadísticas específicas, para mejorar la precisión del estudio.
- Para situar los hallazgos en un contexto más amplio y fomentar su aplicabilidad, se recomienda realizar estudios comparativos con investigaciones anteriores o de otros contextos. Esto permitiría corroborar los resultados y entender variaciones o similitudes en función de factores como geografía, cultura o sector específico.
- Para maximizar el alcance de los resultados, se recomienda su difusión mediante difusiones en análisis académicas, exhibiciones en conferencias y eventos de divulgación científica. Compartir estos aciertos con la comunidad académica y profesional puede estimular un diálogo constructivo y promover la adopción de prácticas fundamentadas en evidencia.
- Debido a la complejidad del fenómeno estudiado, que puede beneficiarse de perspectivas múltiples, es recomendable promover la colaboración interdisciplinaria en investigaciones futuras. La participación de expertos de disciplinas como ingeniería, ciencias sociales o psicología puede proporcionar una visión integral y enriquecer los análisis realizados.
- Es importante evaluar los resultados de esta investigación en entornos reales para verificar su viabilidad práctica e identificar áreas de mejora continua. Se sugiere que profesionales del sector realicen pruebas piloto en sus contextos específicos, documentando las lecciones aprendidas y los ajustes necesarios.

V. REFERENCIAS

- [1] E. Awwad, M. Mabsout, B. Hamad, M. T. Farran and H. Khatib, "Studies on Fiber-Reinforced Concrete using Industrial," *Construction and Building Materials*, vol. 35, pp. 710 - 717, 2023.
- [2] H. Taghipoor and M. Jaber , "Analyzing and Improving Flexural and Impact Strength of Composites Enhanced with Nanoparticles and Natural Fibers," *Mechanics of Advanced Composite Structures*, vol. 11, no. 23, pp. 2423-7043, 2024.
- [3] A. Mahmood, M. T. Noman, M. Pechočiaková, N. Amor, M. Petrů, M. Abdelkader, J. Militký, S. Sozcu and S. . Z. Ul Hassan, "Geopolymers and fiber-reinforced concrete composites in civil engineering," *Polymers*, vol. 13, no. 2099, pp. 1-34, 2023.
- [4] N. K. Krishna, M. S. Prasanth, R. Gowtham, . S. Karthic and K. M. Mini, "Enhancement of properties of concrete using natural fibers," *Materials Today: Proceedings*, vol. 5, no. 3, pp. 23816-23823, 2023.
- [5] S. I. Mohammad and J. A. Syed , "Influence of jute fiber on concrete properties," *Construction and Building Materials*, no. 189, p. 768–776, 2023.
- [6] J. A. Abdalla, R. A. Hawileh, A. Buhurudeen, G. Jyothsna, A. Sofi, V. Shanmugam and B. S. Thomas, "A comprehensive review on the use of natural fibers in cement geopolymer concrete A step towards sustainability," *Case Studies in Construction Materials*, no. 19, pp. 22-44, 2023.
- [7] I. Shah, A. Anwar and L. Jing , "Experimental Investigation on the Mechanical Properties of Natural Fiber Reinforced Concrete," *Journal of renewable materials*, vol. 5, no. 10, p. 1307–1320, 2023.
- [8] N. Ramadan, M. Taha and A. Elsabbagh, "Processing and characterization of flame-retardant natural fibre-reinforced epoxy composites and construction of selection charts for engineering applications," *Express Polymer Letters* , vol. 18, no. 8, p. 779–795, 2024.
- [9] . C. . O. Siti Khadijah , . H. Hapsa, O. Maidiana , M. . N. Norazman , S. Suriyadi and M. A. H. Mohd Termizi, "Performance of Bamboo Fibre on Modifying Mechanical Properties of Concrete," *The Open Civil Engineering Journal*, vol. 1, no. 18, pp. 1874-1495, 2024.
- [10] F. E. Walid , E. Samy , . E.-Z. Ayman, M. S. Ashraf , M. S. Shymaa M. , . I. S. Tarek and A. . A. S. Abd Al-Kader , "Examining Mechanical Property Differences in Concrete with Natural and Synthetic Fiber Additives," *Journal of Composites Science*, vol. 8, no. 10, p. 167, 2024.
- [11] C. A. Juárez Alvarado, P. Rodríguez López and R. Rivera Villarreal, "Use of natural lechuguilla fibers as reinforcement in concrete," *CIENCIA UANL*, pp. 465-476], 2023.
- [12] Y. Chen , U. H. Saud , I. Shahid , K. Inamullah , . R. Shah and A. . K. Shaikat , "Performance evaluation of indented macro synthetic polypropylene fibers in high strength self-compacting concrete (SCC)," *Scientific Reports*, p. 15, 2024.

- [13] F. R. Bianchi Martinelli, M. Gomes Pariz, R. d. Andrade, S. Rocha Ferreira, . F. A. Marques, S. N. Monteiro and A. R. G. d. Azevedo, "Influence of drying temperature on coconut-fibers," *Scientific Reports*, pp. 1-14, 2024.
- [14] L. D. Badilla, R. Gómez, R. Díaz Noriega, S. Avudaiappan, K. Skrzypkowski, E. I. Saavedra Flores and W. Korzeniowski, "Thermal Conductivity in Concrete Samples with Natural and Synthetic Fibers," *Materials*, p. 21, 2024.
- [15] O. Muñoz Blandón, M. Ramírez Carmona, L. Rendón Castrillón and C. Ocampo López , "Exploring the Potential of Fique Fiber as a Natural Composite Material A Comprehensive Characterization Study," *Polymers*, no. 15, pp. 1-22, 2023.
- [16] J. Batallas, N. Hidalgo, M. Montenegro, L. M. Orejuela Escobar, F. Jativa and E. O. L. LANTSOGHT, "Natural Fibers For Sustainable Concrete Mixes," *Tsec*, vol. 1, no. 11, pp. 1-6, 2024.
- [17] L. F. Gamarra-Romero, H. E. Gonzales Mora, J. A. Cipra-Rodriguez and A. J. Cárdenas-Oscanoa, "Effect of Adding Oil Palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) Mesocarp Fibers to Cement Composites," *Colombia Forestal*, vol. 27, no. 2, pp. 1-18, 2024.
- [18] A. S. Paredes Flores and J. E. Mendoza, "Comparative analysis of the behavior of concrete adding natural and polypropylene fibers in the Urb. Nicolás Garatea - New Chimbote-Ancash-2021," *Road Infrastructure Design*, Chimbote, 2021.
- [19] K. P. Alata Navarro and V. E. Medina Saenz, "Incorporation of natural fibers to improve the properties of concrete Developing sustainability in the construction sector," To qualify for the professional title of Civil Engineer, Lima, 2023.
- [20] C. F. Rhodes Alvarez , "Physical and Mechanical Properties of Concrete Adding Pineapple Leaf Fiber," *Innovation and Technical Development in Materials Science, Design and Infrastructure*, Pimentel, 2023.
- [21] L. A. Bances Damian, "Evaluation of the incorporation of cabuya fiber on the mechanical and cracking resistance of concrete f'c280 kg/cm², Lambayeque-2024," *Sustainable development and adaptation to climate change*, Lambayeque, 2024.
- [22] Y. I. Olivera Pérez, S. P. Guevara Saravia and S. P. Muñoz Pérez, "Systematic Literature on the Improvement of the Mechanical Properties of Concrete with Fibers of Artificial-Natural Origin," *Ingeniería*, vol. 27, no. 2, pp. 1-18, 2022.
- [23] H. Wu, A. Shen, Q. Cheng, Y. Cai, G. Ren, H. Pan and S. Deng, "A review of recent developments in application of plant fibers as reinforcements in concrete," *Journal of Cleaner Production*, no. 419, pp. 138-265, 2023.
- [24] H. M. Hamada, J. Shi, M. S. Al Jawahery, A. Majdi, S. T. Yousif and G. Kaplan, "Application of natural fibres in cement concrete: A critical review," *Materials Today Communications*, no. 35, pp. 105-833, 2023.

- [25] Y. Jin , X. Wang, W. Huang, X. Li and Q. Ma, "Mechanical and durability properties of hybrid natural fibre reinforced roadbed foamed concrete," *Construction and Building Materials*, vol. 409, p. 134008, 2023.
- [26] S. P. Chandar and S. K. Sangeeth Kumar, "Mechanical properties of fiber reinforced concrete – natural fibers: A review," *Materials Today: Proceedings*, vol. 68, no. 6, pp. 2066-2071, 2023.
- [27] L. Chen, Z. Chen, Z. Xie, L. Wei, J. Hua, L. Huang and P.-S. Yap, "Recent developments on natural fiber concrete A review of properties, sustainability, applications, barriers, and opportunities," *Developments in the Built Environment*, no. 16, pp. 100-255, 2023.
- [28] C. S. Ravikumar, V. Ramasamy and T. S. Thandavamoorthy, "Effect of Fibers In Concrete Composites," *International Journal of Applied Engineering Research*, vol. 10, no. 1, pp. 419-430, 2024.
- [29] M. Machaka, H. S. Basha and A. Elkordi, "The Effect of Using Fan Palm Natural Fibers on the Mechanical Properties and Durability of Concrete," *Researchgate*, vol. 2, no. 2, pp. 1-6, 2023.
- [30] S. Suresh, M. S. Charan and S. . K. Ikkurthi, "Strength and behaviour of concrete by using natural and artificial fibre combinations," *International Journal of Civil Engineering and Technology*, vol. 8, no. 4, pp. 1652-1658, 2023.
- [31] A. M. Shadheer , P. Ravichandran and A. Krishnaraja, "Natural fibers in concrete-A review," *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 1055, no. 15, p. 12038, 2024.
- [32] A. Rajkohila, S. P. Chandar and P. T. Ravichandran , "Assessing the effect of natural fiber on mechanical properties and microstructural characteristics of high strength concrete," *Ain Shams Engineering Journal*, vol. 15, p. 102666, 2024.
- [33] H. Jamshaid, R. K. Mishra, A. Raza, U. Hussain, L. Rahman, S. Nazari, V. Chandan, M. Muller and R. Choteborsky, "Natural cellulosic fiber reinforced concrete Influence of fiber type and loading percentage on mechanical and water absorption performance," *materials*, vol. 15, no. 874, pp. 1-17, 2023.
- [34] M. F. Hashim, Y. M. Daud, M. AL BAKRI Abdullah , M. Faris, M. S. Rasidi, C. M. Ghazali, F. F. Zainal , . S. Hasyim, N. N. Nazri and S. Garus, "Effects Of Different Fiber Sizes In Pla-Carbon Fiber Composites On Mechanical Properties," *Arch. Metall. Mater.* , vol. 2, no. 69, pp. 723-732, 2024.
- [35] I. Shah, J. Li, S. Yang, Y. Zhang and A. Anwar, "Experimental Investigation on the Mechanical Properties of Natural Fiber Reinforced Concrete," *Journal of Renewable Materials*, vol. 10, no. 5, pp. 1-14, 2023.
- [36] R. R. Gallegos Villela, F. D. Larrea Zambrano, C. E. Goyes Lopez, J. . F. Perez Sanchez, . E. J. Suarez Dominguez and A. Palacio Perez, "Effect of natural additives on concrete mechanical properties," *Cogent Engineering*, vol. 1, no. 8, p. 1870790, 2023.

- [37] D. Dhanabalan, R. Rathanasamy , V. Vediappan, N. Raguraj , P. Kathiresan, T. Jeyakumar and P. Muthaiya, "Experimental-Investigation-of-Date-seed-and-Neem-Powder-Reinforced-Natural-Fiber-CompositesMedziagotyra," *MATERIALS SCIENCE*, vol. 30, no. 3, pp. 1392-1320, 2024.
- [38] M. Abedi, O. Hassanshahi, A. Rashiddel, H. Ashtari, M. S. Meddah, D. Dias, M. A. Arjomand and K. K. Choong, "A sustainable cementitious composite reinforced with natural fibers: An experimental and numerical study," *Construction and Building Materials*, vol. 378, no. 16, p. 131093, 2023.
- [39] H. M. Hamada, J. Shi, M. S. Al Jawahery, A. Majdi, S. T. Yousif and K. Gökhan, "Application of natural fibres in cement concrete: A critical review," *Materials Today Communications*, no. 35, pp. 105-833, 2023.
- [40] R. Merli, M. Preziosi, A. Acampora, M. C. Lucchetti and E. Petrucci, "Recycled fibers in reinforced concrete: A systematic literature review," *Journal of Cleaner Production*, no. 248, pp. 119-207, 2020.
- [41] . P. Suvash Chandra, P. v. Z. Gideon and B. Šavija, "Effect of fibers on durability of concrete: A practical review," *Materials*, no. 13, p. 4562, 2020.
- [42] M. Barbuta, R. Bucur, A. A. Serbanoiu, S. Scutarasu and A. Burlacu, "Combined effect of fly ash and fibers on properties of cement concrete," *Procedia Engineering*, vol. 10, no. 181, p. 280 – 284, 2023.
- [43] C. Wen, P. Zhang, J. Wang and S. Hu, "Influence of fibers on the mechanical properties and durability of ultra-high-performance concrete: A review," *Journal of Building Engineering*, vol. 52, pp. 104-370, 2022.
- [44] J. D. Valderrama Palacios , "Evaluation of the physical and mechanical properties of concrete prepared with synthetic fibers and coconut fibers," in *Universidad Cooperativa De Colombia*, Colombia, 2024, p. 9.
- [45] Y. Begich, S. Klyuev, V. Jos and A. Cherkashin, "Fine-grained concrete with various types of fibers," *Magazine of Civil Engineering*, vol. 97, no. 5, p. 9702, 2020.
- [46] E. Mello, C. Ribellato and E. Mohamedelhassan , "Improving Concrete Properties with Fibers Addition," *Structures*, vol. 8, no. 3, p. 6, 2023.
- [47] C. L. Hwang, V.-A. Tran, J. W. Hong and Y. C. Hsieh, "Effects of short coconut fiber on the mechanical properties, plastic cracking behavior, and impact resistance of cementitious composites," *Construction and Building Materials*, vol. 127, no. 1, pp. 984-992, 2023.
- [48] S. Al-Oraimi and A. Seibi, "Mechanical characterisation and impact behaviour of concrete reinforced with natural fibres," *Composite Structures*, vol. 32, no. 1-4, pp. 165-171, 2023.
- [49] M. Yasir Khalid , A. A. Rashid , Z. U. Arif, W. Ahmed, H. Arshad and A. A. Zaidi, "Natural fiber reinforced composites: Sustainable materials for emerging applications," *Results in Engineering*, vol. 11, p. 100263, 2023.

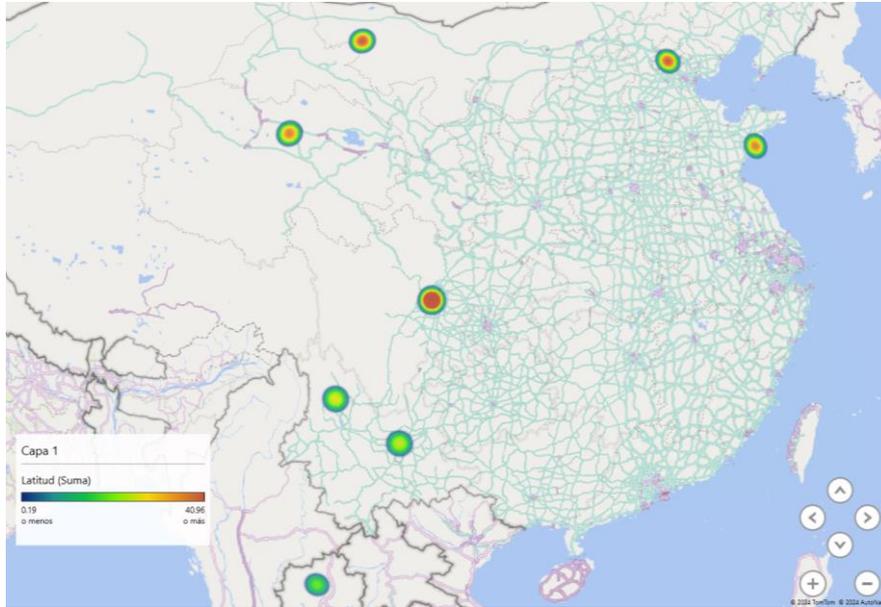
- [50] K. Mehran and A. Majid , "Effect of super plasticizer on the properties of medium strength concrete prepared with coconut fiber," *Construction and Building Materials*, vol. 182, p. 703–715, 2023.
- [51] F. Althoey, O. Zaid, A. Majdi, F. Alsharari, S. Alsulamy and M. M. Arbili, "Effect of fly ash and waste glass powder as a fractional substitute on the performance of natural fibers reinforced concrete," *Ain Shams Engineering Journal*, vol. 14, no. 12, p. 102247, 2023.
- [52] J. A. Abdalla , S. . T. Blessen and R. A. Hawileh, "Use of hemp, kenaf and bamboo natural fiber in cement-based concrete," *Materials Today: Proceedings*, vol. 65, no. 2, pp. 2070-2072, 2022.
- [53] M. Asim, G. . M. Uddin, H. Jamshaid, A. Raza, Z. u. Rehman Tahir, U. Hussain, A. N. Satti, N. Hayat and S. M. Arafat, "Comparative experimental investigation of natural fibers reinforced light weight concrete as thermally efficient building materials," *Journal of Building Engineering*, vol. 31, no. 1, pp. 2352-7102, 2023.
- [54] J. Ahmad, M. M. Arbili, A. Majdi, F. Althoey, A. F. Deifalla and C. Rahmawati, "Performance of concrete reinforced with jute fibers (natural fibers) A review," *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, vol. 17, pp. 1-17, 2022.
- [55] X. Zhou, H. Saini and G. Kastiukas, "Engineering properties of treated natural hemp fiber-reinforced concrete," *Frontiers in Built Environment*, vol. 3, p. 9, 2023.
- [56] J. F. Castillo Lara, E. A. Flores Johnson, A. Valadez Gonzalez, P. J. Herrera Franco, J. G. Carrillo, P. I. Gonzalez Chi and Q. M. Li, "Mechanical properties of natural fiber reinforced foamed concrete," *Materials*, vol. 13, no. 130, p. 3060, 2020.
- [57] M. Dadkhah and J. M. Tulliani , "Damage management of concrete structures with engineered cementitious materials and natural fibers A review of potential uses," *Sustainability*, vol. 14, no. 7, p. 3917, 2022.
- [58] A. . K. Yadav, V. . S. Chandel, A. K. Rai, A. Dwivedi, V. Kumar and J. Raj, "Comparative Analysis of Mechanical and Thermal Properties of Lime Concrete Blocks Made with Pigeon Pea and Carrot Grass Plants as Partial Replacement of Fine Aggregates," *International Journal of Engineering*, vol. 37, no. 12, pp. 2481-2488, 2024.
- [59] L. Joachim and V. Oettel , "Experimental Investigations on the Application of Natural Plant Fibers in Ultra-High-Performance Concrete," *CRC Press*, vol. 17, no. 14, p. 3519, 2024.
- [60] E. Szczepanik, P. Szatkowski, E. Molik and K. Pielichowska, "The Effect of Natural Plant and Animal Fibres on PLA Composites Degradation Process," *Applied Sciences*, vol. 14, no. 13, p. 5600, 2024.
- [61] B. A. Antwi-Afari, R. Mutuku, C. Kabubo, J. Mweru and W. K. Mengo, "Influence of fiber treatment methods on the mechanical properties of high strength concrete reinforced with sisal fibers," *American Concrete Institute*, vol. 10, pp. 2405-8440, 2024.
- [62] M. Nagarajaiah, R. R. Mahadevaiah, K. R. Bangri Parshuram and P. Hiremath, "A Numerical Study on Coconut Inflorescence Stem-Fiber-Reinforced Panels Subjected to Tensile Load,

Compressive Load, and Flexural Load," *Engineering Proceedings*, vol. 59, no. 1, p. 233, 2023.

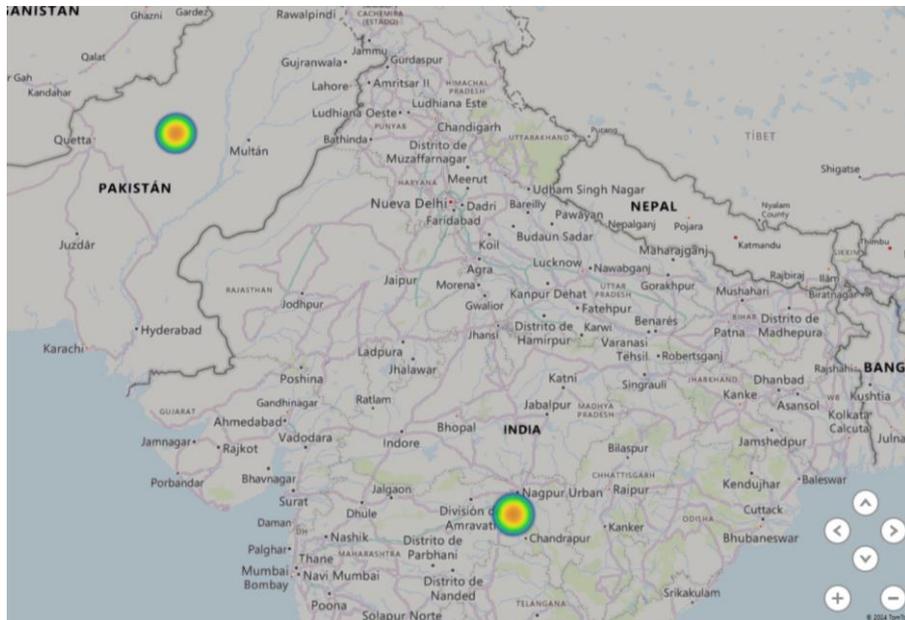
- [63] E. T. Daba, D. H. Zelleke, V. A. Matsagar, S. Bishnoi and V. . R. Kodur, "Characterization of Plant-Based Natural Fiber Ropes for Potential Futuristic Application as Reinforcement in Concrete Structures," *Journal of Natural Fibers*, vol. 21, no. 1, p. 2397703, 2024.
- [64] M. Kharshiduzzaman, M. R. Haque, M. S. Bhuiyan, S. Alam, M. Mashuk, S. N. Ahmed, S. H. Afgani and M. A. Gafur, "Evaluation of the Mechanical Properties of a Novel Hybrid Composite Composed of Rattan and Date Palm Fiber An Experimental Study," *Advances in Polymer Technology*, p. 12, 2024.
- [65] H. Gheribi, S. Teyar, M. Boumaaza, A. Belaadi, B. X. Chai, M. M. S. Abdullah, A. A. Gelgelu and I. Klimkina, "Statistical Study of the Mechanical Behavior of the New Fiber from the Strelitzia Juncea Plant Fibers Application in Ecological Yarns," *Journal of Natural Fibers*, vol. 21, no. 1, p. 2396905, 2024.
- [66] S. K. Che Osmi, H. Husen, M. Othman, N. M. Nor, S. Sojipto and M. A. H. Mohd Termizi, "Performance of Bamboo Fibre on Modifying Mechanical Properties of Concrete," *The Open Civil Engineering Journal*, vol. 18, pp. 1874-1495, 2024.
- [67] G. Velmurugan, J. S. Chohan, B. Rupa, A. L. Priyanka, P. Thirunavukarasu, M. Abinaya, V. Jaswanth and M. D. V. K. Sai Anvesh, "A Brief Analysis of The Production of Building Materials Utilizing Waste-Based Reinforcements and Recycled Textiles," *Multidisciplinary Technovation*, p. 602105, 2024.
- [68] Y. O. Özkılıç, A. N. Beskopylny , S. A. Stel'makh , E. M. Shcherban, L. R. Mailyan, B. Meskhi, A. Chernil'nik, O. Ananova, C. Aksoylu and E. Madenci, "Lightweight expanded-clay fiber concrete with improved characteristics reinforced with short natural fiber," *Case Studies in Construction Materials*, vol. e02367, pp. 2214-5095, 2023.
- [69] D. Derdour, M. Behim and M. Benzerara, "Effect of date palm and polypropylene fibers on the characteristics of self-compacting concrete comparative study," *Frattura ed Integrità Strutturale*, vol. 64, pp. 31-50, 2023.
- [70] C. Manniello, G. Cillis, D. Statuto, A. Di Pasquale and P. Picuno, "Concrete Blocks Reinforced with Arundo donax Natural Fibers with Different Aspect Ratios for Application in Bioarchitecture," *Applied Sciences*, vol. 12, p. 2167, 2022.

Anexos

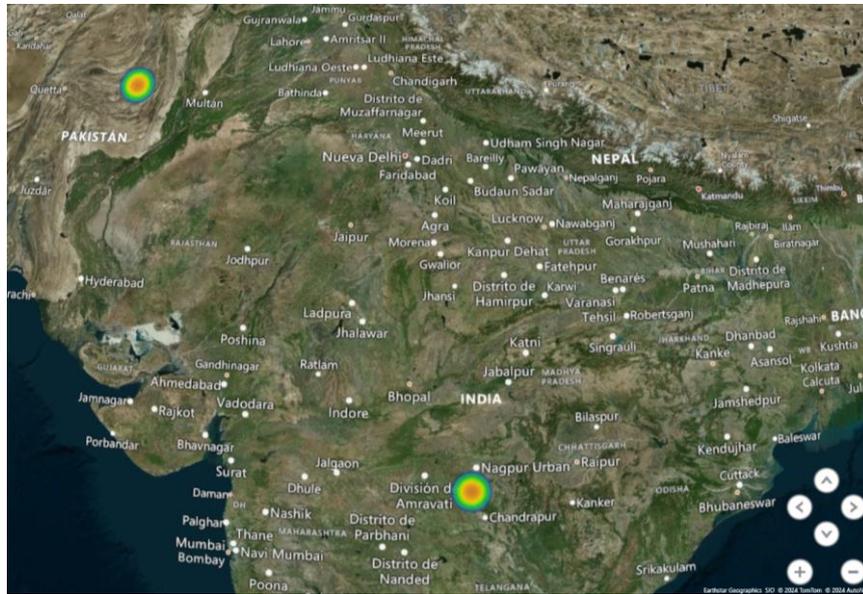
Anexo 1.



Anexo 2.



Anexo 3.



Anexo 4.

