



Universidad  
Señor de Sipán

**FACULTAD DE INGENIERIA, ARQUITECTURA Y  
URBANISMO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

**Uso de Diatomita y Fibras de Acero para Mejorar las Propiedades  
Mecánicas y la Durabilidad del Concreto: Una revisión literaria  
PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE BACHILLER EN  
INGENIERÍA CIVIL**

**Autores**

Acha Nuñez Alex

<https://orcid.org/0009-0006-3753-5086>

Mondragón Jiménez Norbel Jesús

<http://orcid.org/0000-0001-7801-8460>

**Asesor**

Mg. Ing. Salinas Vásquez Nestor Raúl

<https://orcid.org/0000-0001-5431-2737>

**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**

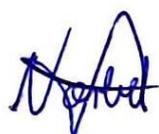
## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Quienes suscriben la DECLARACIÓN JURADA, soy (somos) del programa de estudios de ingeniería civil de la Universidad Señor de Sipán S.A.C, declaro (amos) bajo juramento que soy(somos) autor(es) del trabajo titulado:

### **Uso de Diatomita y Fibras de Acero para Mejorar las Propiedades Mecánicas y la Durabilidad del Concreto: Una revisión literaria**

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, con relación a las citas y referencias bibliográficas, respetando al 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:

<b>Acha Nuñez Alex</b>	<b>DNI:74065195</b>	
<b>Mondragón Jiménez Norbel Jesús</b>	<b>DNI:72755138</b>	

# 8% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

## Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 8 palabras)

## Fuentes principales

- 5%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 5%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

## Marcas de integridad

### N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

## **Dedicatoria**

Este trabajo se lo dedico a mis padres por ser mi fuerza y motor, también se lo dedico a mis hermanos por siempre darme ánimos en cada paso que daba en este proyecto, así mismo este proyecto para mi compañero por el esfuerzo mutuo que hemos realizado para culminar este proyecto

### **Mondragón Jiménez Norbel Jesús**

Dedico este trabajo a mis padres, quienes con su amor incondicional, esfuerzo incansable y valores arraigados me enseñaron que el conocimiento transforma vidas. Sus sacrificios son la base sobre la cual se erige cada logro. A la vida misma, por sus lecciones, desafíos y momentos de gracia. Este logro es una celebración del conocimiento compartido y del poder de los sueños hechos realidad.

**Acha Nuñez Alex**

## **Agradecimiento**

En primer lugar, agradecer a dios por ser mi guía incondicional, así mismo también quiero agradecer a mis padres por darme siempre su apoyo en cada momento de la realización, su confianza y comprensión me dieron las fuerzas necesarias para terminar este artículo, también agradecer a mi asesor y docente por siempre guiarme y darme las pautas necesarias para poder culminar con éxito la presente investigación.

**Mondragón Jiménez Norbel Jesús**

A lo largo de este camino lleno de aprendizajes, desafíos y sueños, expreso mi más profundo agradecimiento a quienes hicieron posible este logro. A mis padres, por ser el faro de amor y sacrificio que ilumina cada paso de mi vida; a mi compañero de ruta, cuya amistad y apoyo brindo aliento en los momentos difíciles; y a la vida misma, por enseñarme que los retos son oportunidades disfrazadas.

**Acha Nuñez Alex**

## INDICE

<b>Dedicatoria</b> .....	4
<b>Agradecimiento</b> .....	5
<b>RESUMEN</b> .....	7
<b>ABSTRACT</b> .....	8
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	9
<b>1.1. Realidad problemática</b> .....	9
<b>1.2. Formulación del problema</b> .....	12
<b>1.3. Hipótesis</b> .....	12
<b>1.4. Objetivos</b> .....	12
<b>1.5. Teorías relacionadas al tema</b> .....	13
<b>II. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	14
<b>III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	15
<b>REFERENCIAS</b> .....	24

**Tabla I.** Distribución de artículos según la base de datos y el año de su publicación.. 14

**Use of Diatomite and Steel Fibers to Improve the Mechanical Properties and**

**Durability of Concrete: A Literature Review**

**Uso de Diatomita y Fibras de Acero para Mejorar las Propiedades Mecánicas y la Durabilidad del Concreto: Una revisión literaria**

A. Acha <sup>a</sup>, N. Mondragón<sup>b</sup>

Universidad Señor de Sipán. Campus Universitario Carretera a Pimentel km 5,  
(Chiclayo, Perú)

✉<sup>a</sup>: [anunezalex@uss.edu.pe](mailto:anunezalex@uss.edu.pe)

✉<sup>b</sup>: [jimeznej@uss.edu.pe](mailto:jimeznej@uss.edu.pe)

## **RESUMEN**

Los esfuerzos desarrollados desde el punto de vista teórico relacionados a la tecnología del concreto han motivado la búsqueda de nuevos materiales que no solo mejoren las propiedades mecánicas y de uso del concreto, sino que ayuden a la disminución de la contaminación. Este artículo trata sobre la revisión de estudios entre 2019 y 2024 constituidos en la base de datos Scopus. El objetivo principal de estas investigaciones es estudiar el efecto en las propiedades del concreto de la diatomita y las fibras de acero de forma individual y en combinación. Se describen las diferentes metodologías y tecnologías utilizadas para el tratamiento de los materiales. También se discuten los resultados de la adición de diatomita y fibra de acero al concreto y sus propiedades mecánicas y durabilidad del material. Al final, se plantean las recomendaciones para futuras investigaciones e intentos se realizan sobre la posible utilización de diatomita y fibras de acero como materia prima en la industria del concreto.

**PALABRAS CLAVE:** Diatomita; Fibras de Acero; concreto; Propiedades Mecánicas; Durabilidad.

## **ABSTRACT**

The theoretical efforts related to concrete technology have motivated the search for new materials that not only improve the mechanical and usable properties of concrete, but also help reduce pollution. This article is about the review of studies between 2019 and 2024 compiled in the Scopus database. The main objective of these investigations is to study the effect on the properties of concrete of diatomite and steel fibers individually and in combination. The different methodologies and technologies used for the treatment of the materials are described. The results of the addition of diatomite and steel fiber to concrete and their mechanical properties and durability of the material are also discussed. Finally, recommendations for future research are raised and attempts are made on the possible use of diatomite and steel fibers as raw materials in the concrete industry.

**KEYWORDS:** Diatomite; Steel Fibers; Concrete; Mechanical Properties; Durability.

# I. INTRODUCCIÓN

## 1.1. Realidad problemática

El aumento en la demanda de concreto, junto con la creciente escasez de recursos para la construcción, ha limitado su disponibilidad y ha incrementado significativamente los costos asociados [1]. En este contexto, la construcción verde viene promoviendo el uso de materiales ecológicos para disminuir efectos negativos en el medio por lo que se convierte en una tendencia significativa [2]. Así mismo, se han diseñado políticas específicas que permiten reducir el impacto ambiental que produce el concreto, como adicionalmente emisiones de gases contaminantes, tales como la incorporación de aditivos en la producción del cemento [3].

El concreto convencional tiene una desventaja considerable porque carece de tenacidad y no puede absorber fácilmente toda la fuerza ejercida por las actividades que afectan las estructuras [4]. Este problema recurrente en la ingeniería de distintos elementos estructurales de concreto se caracteriza por la fragilidad de la estructura y la reducción de la resistencia estructural posterior al agrietamiento. Por lo tanto, esto conlleva a una pérdida significativa en su resistencia y su capacidad para disipar energía [5]. De este modo, debe mejorarse de forma original las cualidades más importantes del concreto, como la capacidad de resistir la flexión, resistencia al corte y ductilidad para optimizar el desempeño estructural, garantizar la seguridad de las edificaciones y prolongar su durabilidad [6].

En estos últimos años, algunos estudios han puesto especial énfasis en las posibilidades que tiene la diatomita como un aditivo mineral al concreto. Este material ha mostrado una mejora significativa en sus propiedades mecánicas, en su durabilidad y en su carga, lo que le permite consolidarse como una alternativa sostenible e innovadora dentro de la construcción [7]. La utilización de minerales durante la fabricación de cemento no es una práctica actual; de hecho, existe una amplia tradición

histórica, por ejemplo, el uso de puzolanas en la Antigua Roma. En el presente, materiales como la diatomita, por su bajo costo y menores emisiones de CO<sub>2</sub>, son investigados con la finalidad de poder disminuir la huella medio ambiental de la industria cementera [8]. Por otro lado, la diatomita, por su gran capacidad de sílice y su estructura porosa, hace que el concreto tenga un mayor valor de resistencia a la compresión al favorecer el desarrollo de gel de silicato de calcio hidratado (SCH), que es un compuesto que aumenta su robustez y longevidad del concreto [9].

De acuerdo con los distintos estudios, se ha abordado la influencia que ejercen las fibras de acero y su incidencia en las propiedades mecánicas del concreto [10]. La incorporación en fibras de acero en la mezcla de concreto va en continuo aumento, gracias a los múltiples beneficios que entrega, en especial en sus propiedades mecánicas y durabilidad [11]. En este caso, las fibras cortas, las que son distribuidas aleatoriamente, son muy importantes, porque mejoran en forma notable las propiedades físicas del concreto y su durabilidad [12].

Se trata de encontrar el porcentaje más adecuado proporcional al contenido de diatomita y fibras de acero para determinadas aplicaciones y entender su comportamiento a distintas condiciones.

Combinar diatomita al concreto se ha vuelto importante para varias actividades dentro de la construcción por sus ventajas a nivel de durabilidad y rendimiento [13]. Según Yusra et al. [14], para el caso del concreto modificado con un 1.5% de diatomita, la variación de temperatura obtenida es de 2.7 °C respecto al concreto convencional, lo que indica una mejoría en su comportamiento térmico. Por otro lado, Rodríguez et al. [15] hay que destacar que el concreto posee propiedades fundamentales, como la trabajabilidad, La capacidad de compresión, la resistencia, flexión, tracción, y el módulo de elasticidad, y todos ellos son importantes para un buen desempeño. Además, es importante tener en cuenta que la diatomita debe tener una fuente confiable para que la calidad del concreto no se comprometa [16]. Cabe destacar que la diatomita tiene que

ser estudiada con detalle para saber qué proporciones y mezclas son adecuadas para cada caso.

Esta es la razón por la cual el uso de fibras de acero es una preocupación a lo largo del viaje de exploración y evolución del concreto reforzado y resistente a la tensión [17]. Pachidet y Toufigh [18] Se señala el uso de concreto con refuerzo de acero en forma de fibras tiene limitaciones muy específicas que deben ser respetadas, afirmando que la estructura no debe estar expuesta a temperaturas que superen los 500 °C debido al colapso de las fibras de acero, lo que lleva al colapso de la estructura. Por otro lado, Perumal et al. [19] sugieren que, las cualidades de suma importancia del concreto son la trabajabilidad, la resistencia a los esfuerzos de compresión, tracción y flexión, que son muy relevantes para el rendimiento del concreto. Pero, se debe señalar que la reutilización de fibras, así como el concreto con fibras de acero, debe ser estudiada y desarrollada suficientemente para determinar las proporciones que pueden ser mezcladas y las condiciones necesarias que deben establecerse para que funcione [20]. Como tal, la incorporación de fibras de acero, al igual que cualquier otro aditivo, debe ser tratada con cuidado en la investigación y el desarrollo correspondiente a no comprometer la integridad y la resistencia del concreto para los propósitos previstos.

El objetivo principal de este estudio es economizar una elaboración profunda sobre los últimos trabajos relacionados con el uso de diatomita y refuerzo fibroso de acero en el sector del concreto. Se analiza y discute los resultados hacia los cuales están dirigidas estas investigaciones, que son útiles en relación con la influencia de estos aditivos en algunas propiedades del concreto, como la resistencia mecánica, la durabilidad y el rendimiento estructural. Esto ha avanzado nuestra comprensión del efecto de la diatomita y la influencia beneficiosa de las fibras de acero sobre las características del concreto positiva, lo cual es crucial para el desarrollo de prácticas de construcción sostenibles.

## **1.2. Formulación del problema**

¿Como el uso de Diatomita y Fibras de Acero pueden mejorar las Propiedades Mecánicas y la Durabilidad del Concreto y como este beneficia a la sostenibilidad en la construcción, optimizando recursos y mejorando los procesos constructivos de las edificaciones?

## **1.3. Hipótesis**

La incorporación de diatomita y fibra de acero logran mejorar la durabilidad y las propiedades mecánicas del concreto, mejorando las características del concreto obteniendo una mejor sostenibilidad del proyecto

## **1.4. Objetivos**

### **Objetivo general**

Verificar si el uso de diatomita y las fibras de acero mejoran las propiedades mecánicas y la durabilidad del concreto.

### **Objetivos específicos**

- Comparar la resistencia a la compresión tracción, flexión y módulo elástico del concreto con varias proporciones de diatomita de los artículos encontrados.
- Comparar la resistencia a la compresión tracción, flexión y módulo elástico del concreto con varias proporciones de fibra de acero de los artículos encontrados.
- Comparar de las derivaciones alcanzadas de la proporción óptima del concreto de diatomita y fibra de acero, muestran mejoras significativas de la durabilidad del concreto en comparación con el concreto estándar de los artículos encontrados.

## **1.5. Teorías relacionadas al tema**

### **Concreto**

El material de alta resistencia se caracteriza por poseer una resistencia y durabilidad notablemente superiores en comparación con el concreto convencional, gracias a sus propiedades optimizadas cuando se encuentra bajo ciertas condiciones [21].

Es fundamental examinar el rendimiento del concreto una vez endurecido a través de métodos de ensayo especializados. Esto permite realizar un estudio minucioso y asegura un diseño estructural eficiente y seguro.

### **Diatomita**

La diatomita se combina con el hidróxido de calcio generado en el proceso de hidratación del cemento, formando productos cementantes secundarios entre el gel de silicato de calcio hidratado (C-S-H), lo cual mejora la densidad de la matriz y reduce la porosidad del concreto [22].

### **Fibras de acero**

La adición de refuerzo de fibras de acero al concreto funciona como un refuerzo secundario, limitando la propagación de grietas, incrementando la resistencia a la tracción, mejorando la ductilidad y absorbiendo energía frente a cargas dinámicas. Estas fibras distribuyen las tensiones de manera uniforme y contribuyen a evitar fallos de tipo frágil [23].

### **Propiedades mecánicas**

La combinación de diatomita y fibras de acero en el concreto permite obtener un material con una resistencia elevada, mayor ductilidad y una durabilidad superior. No

obstante, es fundamental desarrollar un diseño de mezcla adecuado que balancee las proporciones y maximice sus propiedades alineado con las exigencias particulares del proyecto [24].

### **Durabilidad**

La durabilidad del concreto está determinada por su habilidad para resistir procesos de deterioro, como el ataque químico, la carbonatación y los ciclos de congelamiento y descongelamiento. La diatomita contribuye a aumentar la impermeabilidad del concreto, mientras que Las hebras de acero fortalecen su durabilidad frente a cargas repetitivas y al desgaste [25].

## **II. MATERIALES Y MÉTODOS**

El análisis se hizo de forma sistemática a partir de 40 artículos que se encuentran publicados en los repositorios de conocimiento Scopus y Science Direct. Se encontraron 4 artículos para 2019, 5 para 2020, 4 para 2021, 9 para 2022, y 10 para el año 2023 y 5 para 2024. Para la adquisición, las palabras empleadas en los artículos fueron las siguientes claves: Fibras de acero, Diatomita, Producción, Concreto, Propiedades mecánicas, durabilidad. El detalle acerca de los artículos considerados, conforme a los repositorios de información y el año en el que se publicó, se encuentran en la Tabla 1.

**Tabla I.** Distribución de artículos según la base de datos y el año de su publicación

<b>Base de Datos</b>	<b>Año de publicación</b>						<b>Total</b>
	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>	<b>2023</b>	<b>2024</b>	
Scopus	4	6	7	9	10	9	45

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### Trabajabilidad

La incorporación de diatomita en el concreto tiene un impacto notable en su fluidez, que disminuye de manera progresiva a medida que aumenta en lo cuantioso de este material en la mezcla. Según Rodríguez et al. [15] demostraron que al utilizar concentraciones de 5% y 15% de diatomita natural, los asentamientos registrados fueron inferiores a 1 pulgada, evidenciando una reducción significativa en la trabajabilidad del concreto. De manera similar, Li et al. [26] reportaron que la diatomita provoca disminuciones en el asentamiento del concreto de un 5.13%, 4.58% y 7.48% con porcentajes de 13%, 15% y 17%, respectivamente. Este comportamiento puede atribuirse a las características físicas de la diatomita, como su alta porosidad y capacidad de absorber agua, lo que aumenta la fricción interna entre los componentes y reduce la movilidad de la mezcla.

Además, la incorporación de fibras de acero (FA) influye significativamente sobre la resistencia del concreto, lo que debe ser contemplado meticulosamente al diseñar mezclas para asegurar que el material sea manejable y apto para las edificaciones. Los hallazgos de Alsaif y Alharbi [27], revelan que añadir fibras de acero a la mezcla de concreto disminuyó el asentamiento del material en un 12%, en contraste con la mezcla tradicional, carente de fibras. Este comportamiento es predecible y puede ser razonado por dos elementos esenciales que influyen en la armonía de la mezcla. Primero y ante todo, las fibras de acero aumentan la tensión interna entre las partículas de concreto, complicando su desplazamiento y, por ende, mermando la fluidez con la que la mezcla se desliza. Este incremento en la tenacidad interna provoca que el concreto con fibras se torne más rígido y menos manipulable durante su tratamiento. En segundo lugar, la

inclusión de fibras de acero en la mezcla intensifica notablemente la superficie precisa que la pasta de cemento debe cubrir. La mezcla de cemento, encargada de unir los componentes, se expande cuando la superficie de contacto se expande, lo que incrementa la necesidad de agua y otros ingredientes. Este fenómeno aumenta la tenacidad del concreto y, por ende, merma su capacidad de fluir. Este fenómeno se manifiesta con mayor intensidad cuando se emplean vastas porciones de fibras de acero, pues su abundancia provoca un mayor espacio de interacción con la pasta de cemento, dificultando así que la mezcla fluya con eficacia. Asimismo, los estudios llevados a cabo por Jiang et al. [28] confirman estos descubrimientos, revelando que a medida que las fibras de acero en la mezcla aumentan, el flujo de asentamiento se reduce de manera sutil. En otras palabras, la mezcla se torna más compacta y menos fluida a medida que se incrementan las fibras de acero empleadas. Este comportamiento puede ser un desafío, pues una escasa dedicación puede complicar la colocación y el acabado del concreto en la construcción, mermando así la excelencia del trabajo. Por ello, los científicos destacan la crucial armonía entre el agua y los aditivos en la mezcla para garantizar una eficacia óptima del concreto, sin mermar las características mecánicas y de resistencia que las fibras de acero brindan. Es crucial que, al incluir fibras de acero en la mezcla, se respete este balance entre potenciar las características estructurales del concreto, tales como su fortaleza frente a la tracción y su longevidad, y asegurar que el material sea eficaz en su colocación, nivelación y compactación. En este contexto, la orquestación magistral de los ingredientes, tales como el agua y los aditivos, es vital para garantizar que el concreto con fibras de acero exhiba una fluidez impecable, una resistencia inigualable y una longevidad impecable.

### **Temperatura de diatomita**

La incorporación de diatomita en el concreto puede mejorar el control del tiempo de fraguado y favorecer el desarrollo de su resistencia temprana, siempre que se utilicen proporciones adecuadas, sin comprometer la estabilidad estructural del material.

Guangwei et al. [29] resalto el hecho de que el flujo de calor y la liberación de calor acumulada en pastas de cementos de diatomita activados con silicato son aproximadamente proporcionales al contenido de diatomita. Este factor incide considerablemente en la reacción química y, en consecuencia, se obtiene mayor calor entre los productos de la hidratación de cemento, mejorando de esta manera las propiedades del cemento en edad temprana.

Por otro lado, Abaza [30] A partir de la norma NTP 339.077 se evaluaron las variaciones térmicas de un concreto reforzado con fibras de acero. En este estudio se consideraron tres diferentes concentraciones de fibra de acero: 0,50 %; 0,75 %; 1,0 %, y obtuvieron temperaturas promedias de 23,10 °C; 22,40 °C; 20,70 °C, respectivamente. Las mediciones fueron hechas con tres muestreos por concentración a fin de sostener la confiabilidad de los datos. Estos resultados evidencian cómo el uso de fibras de acero afectadas puede cambiar dramáticamente la temperatura del concreto en proceso de fraguado, lo cual seguramente está relacionado con la cantidad de calor disipada y la manera en que se entrelazan los ingredientes de la mezcla interactúan dentro.

### **Resistencia a la compresión**

Es fundamental ajustar de manera precisa la dosificación de diatomita en las mezclas de concreto para maximizar sus beneficios en las propiedades mecánicas sin ocasionar efectos adversos a largo plazo, como deformaciones en las estructuras. Zhang et al. [31] observaron que la mayor mejora en las propiedades mecánicas se obtuvo al utilizar un 2% de diatomita en peso, logrando un aumento del 29.2% en la durabilidad a la compresión por hendidura a los 28 días. De manera complementaria, Li et al. [26] hicieron énfasis que la durabilidad a la compresión del concreto tiende a aumentar en un comienzo con el uso de diatomita, pero luego tiende a decrecer cuando la misma supera ciertos límites en la mezcla. De forma concreta, indicaron que cuando el contenido de diatomita en la mezcla es menor a un cinco por ciento, se nota un

desarrollo positivo en la resistencia a la compresión. Sin embargo, al sobrepasar dicho límite, la resistencia comienza a reducirse considerablemente, lo que indica que es necesario encontrar un punto de equilibrio en su dosificación.

Por otra parte, Yao et al. [32] revelaron que la adición de fibras de acero en cantidades de 0.5%, 1% y 1.5% en el concreto reciclado (RAC) incrementa notablemente su fortaleza frente a la compresión. De acuerdo con los hallazgos, la durabilidad a la compresión se elevó en un 12.73%, 17.71% y 21.46%, subrayando la eficacia de las fibras de acero en potenciar las características mecánicas del concreto reciclado. Este incremento en la fortaleza podría deberse a que las fibras de acero, a diferencia de otros refuerzos, tienen una menor inclinación a unirse o formar conglomerados en su conjunto. Esta característica resulta especialmente beneficiosa, ya que posibilita una distribución equilibrada de las fibras a lo largo de la matriz del concreto, lo que optimiza las tensiones y, en definitiva, fortalece la estructura del material. Al uniformar la distribución de las fibras, se potencia la habilidad del concreto para soportar compresión, lo que conlleva una mayor longevidad y robustez en múltiples usos arquitectónicos. Sin embargo, Yang et al. [33] señalaron sobre una proporción de fibras de acero en una mezcla de concreto debe mantenerse en un nivel ideal para garantizar que los beneficios persistan. Si se supera este umbral, la tenacidad del concreto podría empezar a menguar en vez de aumentar. Este fenómeno surge cuando la abundancia de fibras de acero en la mezcla genera puntos frágiles o zonas de concentración, lo que puede desmoronar la solidez de la mezcla. En otras palabras, cuando se emplea un exceso de fibras, estas no se distribuyen adecuadamente en la matriz del concreto, lo que, en lugar de fortalecer la estructura, se convierten en áreas de debilidad que merman la capacidad de la mezcla para soportar cargas de compresión. Este desajuste en la distribución de las fibras puede mermar las características estructurales del concreto, mermando su fortaleza y longevidad, reduciendo su eficacia en aplicaciones que exigen una compresión extrema.

## **Resistencia a la tracción**

Diversos estudios han demostrado que la diatomita puede ser un aditivo eficaz para mejorar las particularidades físicas y estructurales del concreto, especialmente en lo que respecta a la durabilidad, la tracción. Según Zhang et al. [31], el uso de diatomita en la formulación de concreto reciclado mostró resultados positivos en la resistencia a la tracción por split. En particular, el uso de un concentrado del 1.5% de diatomita dio un aumento del 14.8% en esta propiedad, lo que demuestra el potencial de este material para mejorar el rendimiento estructural del concreto.

Por otra parte, Karimipour et al. [34] se determinó una reducción del rendimiento del concreto cuando se añadieron fibras de acero en dosis del 0.75% y 1.5% en relación al concreto de control. Esto indica que es necesaria una evaluación adecuada de la dosis de fibras para mejorar el rendimiento del material. Adicionalmente, Zong et al. [35] explicaron que la curva tensión-deformación del concreto es un indicio a gran escala de la expansión y acumulación de pequeñas fisuras internas durante la tensión. Esta curva es fundamental para el completo análisis del estudio, por ejemplo, en la mecánica elastoplástica, la sección transversal en sus estados límites, su distribución de tensiones, los procesos de deterioro y fractura, y su análisis de rendimiento sísmico del material.

## **Resistencia a la flexión**

Se ha mostrado que la inclusión de diatomita al concreto incrementa la relación de durabilidad a la flexión de forma sensible; no obstante, su uso en exceso puede ser perjudicial debido a su composición química. Según Pokorny et al. [7], como término general, se obtiene la mayor resistencia a la flexión de 2 diatomitas que resulta superior a la mezcla patrón. No obstante, otros estudios indican que el efecto de la diatomita no se considera positivo en todos los casos. Lv et al. [36], por ejemplo, se halló que

aumentando la cantidad de diatomita a 5, 10 y 20% en las mezclas de concreto, se obtuvo una disminución considerable en la durabilidad a la flexión respecto al concreto convencional, registrando una disminución del 13.39, 19.42 y 34.38%, respectivamente. A estos resultados se provee un contexto que refleja la necesidad de determinar que las proporciones de diatomita elegidas sean óptimas para sacar sus ventajas sin perjudicar las propiedades del concreto a nivel mecánico.

Por otro lado, Gali et al. [37] subrayaron que, al incorporar un 1.5% de fibras de acero en el concreto reforzado, se logró un notable incremento en la carga de rotura de las vigas, superando en un 41.87% a las vigas de control. Este hallazgo revela con claridad y firmeza la capacidad de las fibras de acero para potenciar la elasticidad del concreto, lo cual resulta especialmente valioso en proyectos estructurales donde la resistencia a la flexión es crucial. La optimización de la carga de rotura indica que las fibras de acero fortalecen notablemente la cohesión y la distribución de tensiones en el material, asegurando que las vigas aguanten cargas más elevadas sin caer en fracturas anticipadas. Este tipo de refuerzo resulta particularmente beneficioso en edificaciones que demandan robustez y longevidad, tales como puentes, edificios colosales y otras infraestructuras vitales. Además, los estudios de Feng et al. [38] revelaron que la incorporación de fibras de acero recicladas en el hormigón autocompactante, en dosis del 4% y 5%, no solo potenciaron la flexión, sino que también multiplicaron hasta seis veces la capacidad de carga de las vigas en comparación con las vigas sin fibras de acero. Este descubrimiento es crucial desde una óptica ecológica, pues el uso de fibras de acero recicladas potencia tanto las características mecánicas del material como disminuye la huella ecológica de la fabricación de nuevas fibras de acero. Al potenciar la elasticidad del concreto, estas fibras recicladas transforman las edificaciones en más robustas y longevas, prolongando así su longevidad y reduciendo así el gasto en mantenimiento y reparaciones con el paso del tiempo. Estos hallazgos destacan la efectividad de las fibras de acero como refuerzo en estructuras, no solo por su habilidad

para aumentar la fortaleza mecánica, sino también por su papel en la preservación de los materiales utilizados en la edificación. El uso de fibras recicladas minimiza el consumo de recursos naturales y disminuye el impacto ecológico de la edificación, un avance crucial hacia materiales más ecológicos sin sacrificar su eficiencia. Las fibras de acero, capaces de elevar tanto la fortaleza como la longevidad del concreto, consolidan su papel como una de las herramientas más eficientes y efectivas para robustecer las estructuras de concreto en proyectos de edificación contemporáneos.

### **Módulo de elasticidad**

Según Lv et al. [39], al incorporar un 2% de diatomita calcinada en la mezcla de concreto, se observó un aumento en comparación con el concreto estándar. Sin embargo, al incrementar el porcentaje de diatomita a 5% y 7%, se registró una disminución en la interacción entre el módulo de elasticidad y el concreto de referencia. De manera similar, Díaz et al. [40] encontraron que la adición de 5% de diatomita calcinada generó un aumento del 1.55% en el módulo de elasticidad, en comparación con el concreto estándar. No obstante, al elevar el porcentaje de diatomita a 10% y 15%, el módulo de elasticidad disminuyó en un 2.1% y un 12.4%, respectivamente, evidenciando que concentraciones más altas de diatomita pueden afectar negativamente las particularidades mecánicas del concreto.

Por otro lado, los estudios realizados por Zhang et al. [41] mostraron el concreto clasificado como M40 y M50, al incorporar un 1% de fibras de acero añadidas, presentó un aumento del módulo de elasticidad de 15.12% y 16.73%, respectivamente. Sin embargo, Frazão et al. [42] destacaron que el módulo de elasticidad de la concreta mejora significativamente con la inserción de fibras de acero, observándose un aumento del 1.75% respecto al concreto patrón con la incorporación del 0.50% de fibras. Al aumentar el contenido de fibras al 0.75%, este valor subió a 2.36%, y con un 1% de fibras, el módulo alcanzó un 1.6% por encima del concreto estándar.

## **Durabilidad**

Estudios realizados por Liu et al. [43] revelan pruebas incuestionables de que la adición de diatomita en el concreto incrementa notablemente su fortaleza frente a agentes corrosivos como sulfatos, cloruros y ciclos de congelación-descongelación. Los hallazgos de su estudio revelan que la diatomita no solo potencia la robustez del concreto, sino que también se revela como una herramienta poderosa para neutralizar los estragos de los agentes externos que suelen desmoronar las estructuras de concreto con el paso del tiempo. La diatomita, con su gran capacidad de porosidad y su habilidad para interactuar con los componentes del concreto, incrementa la densidad de la mezcla, elevando así su impermeabilidad y resguardando la estructura de químicos y agua que podrían dañar sus propiedades. Estos descubrimientos subrayan la importancia vital de la diatomita en el fortalecimiento de la longevidad del concreto, facilitando su resistencia a las inclemencias climáticas extremas y en edificaciones situadas cerca de cuerpos de agua salobre o en zonas sometidas a fluctuaciones térmicas extremas. Así, la diatomita emerge como un tesoro esencial para asegurar la longevidad y la solidez del concreto bajo las más duras circunstancias.

Por otro lado, Yuan et al. [44] realizaron un exhaustivo análisis sobre concreto reforzado con fibras de acero, sometiéndolo a ensayos meticulosos que incluían ciclos de congelación y descongelación, así como pruebas de abrasividad e impacto. Los hallazgos revelaron que el concreto reforzado con fibras de acero brilló en todas las evaluaciones. En particular, el material reveló una formidable habilidad para enfrentar los estragos de los ciclos térmicos, que frecuentemente dañen las estructuras de concreto mediante una danza constante de expansión y contracción. Asimismo, la fortaleza frente a la abrasión y el impacto se destacó notablemente en las combinaciones con fibras de acero, indicando que este refuerzo no solo prolonga la longevidad del concreto ante las variaciones térmicas, sino que también potencia su capacidad para resistir el desgaste físico y las tensiones mecánicas. Estos hallazgos son cruciales, pues revelan que las fibras de acero no solo fortalecen la solidez del

concreto, sino que también prolongan su durabilidad en climas extremos y en áreas exigentes de resistencia a la abrasión y impactos, como en carreteras, asfaltos o edificaciones sometidas a cargas considerables. Además, los estudios de Li et al. [45] Intenta que las microfibras además de incrementar la resistencia del concreto lo hagan más dúctil, a fin de que mejore su acción de diafragma y soporte fuertes distorsiones sin llegar a fracasar. Esto vale mucho en zonas sísmicas o para estructuras que reciben carga dinámica ya que no se tolera la falla por deformación.

#### **IV. CONCLUSIONES**

A manera de resumen, este estudio analiza y detalla investigaciones más actuales sobre el uso de diatomita y fibras de acero en la elaboración del concreto. Los resultados obtenidos son de gran utilidad, gracias a que contribuyen a comprender el efecto de estos materiales sobre las cualidades del concreto. Esto tiene un gran potencial para orientar y potenciar las prácticas futuras en el campo de la construcción, ayudando al mismo tiempo a mejorar el uso de recursos.

Se ha demostrado en el estudio que tanto la diatomita como las fibras de acero constituyen una alternativa viable, pues no solo son rentables, sino que además tienen un gran potencial dentro del contexto del mercado internacional. Aparte se indica que su combinación podría mejorar marcadamente el concreto. Lo anterior permite concluir que la adición de diatomita y la integración de fibras de acero incrementa significativamente las capacidades del concreto en tracción, flexión, compresión y módulo de elasticidad ofreciendo como resultado concreto más duradero y correctamente funcional. Esta idea plantea una buena estrategia para el uso de diatomita y fibras de acero en los procesos de construcción en primer lugar, porque hace más fáciles y económicas las obras, pero a la vez se logra avanzar hacia una construcción más responsable con el medio ambiente.

## REFERENCIAS

- [1] W. Changqing, W. Huixia y L. Chunxiang, «Hysteresis and damping properties of steel and polypropylene fiber reinforced recycled aggregate concrete under uniaxial low-cycle loadings,» *Construction and Building Materials*, vol. 319, nº 126191, 2022.
- [2] M. Esmailzade, M. Eskandarinia y F. Aslani, «Effect of impurities of steel fibers extracted from shredded tires on the behavior of fiber-reinforced concrete,» *Structures*, vol. 45, pp. 1175 - 1188, 2022.
- [3] D. da Costa Reis, Y. Mack Vergara y J. Vanderley Moacyr, «Material flow analysis and material use efficiency of Brazil's mortar and concrete supply chain,» *Journal of Industrial Ecology*, vol. 23, nº 6, pp. 1396 - 1409, 2019.
- [4] A. Abdulaziz, A. Abdulrahman, A. Aref, A. Husain, T. Almusallam y Y. Al-Salloum, «Behavior of ternary blended cementitious rubberized mixes reinforced with recycled tires steel fibers under different types of impact loads,» *Structures*, vol. 45, pp. 2292 - 2305, 2022.
- [5] M. Ansari y A. Safiey, «Corrosion effects on mechanical behavior of steel fiber reinforced concrete, including fibers from recycled tires,» *Computers and Concrete*, vol. 26, nº 4, pp. 367 - 375, 2020.
- [6] C. Donguk, H. Seongwon, L. Myung-Kwan y H. Sang-Su, «Seismic Retrofitting of RC Circular Columns Using Carbon Fiber, Glass Fiber, or Ductile PET Fiber,» *International Journal of Concrete Structures and Materials*, vol. 15, nº 46, 2021.
- [7] J. Pokorný, M. Záleská, M. Pavlíková y Z. Pavlík, «Properties of cement based mortars enriched with diatomaceous earth,» *AIP Conference Proceedings*, vol. 2116, nº 150003, 2019.
- [8] H. Zhang, B. He, B. Zhao y P. JM Monteiro, «Using diatomite as a partial replacement of cement for improving the performance of recycled aggregate concrete (RAC)-Effects and mechanism,» *Construction and Building Materials*, vol. 385, nº 131518, 2023.
- [9] M. Kurtay, H. Gerengi, Y. Kocak, M. A. Chidiebere y M. Yildiz, «The potency of zeolite and diatomite on the corrosive destruction of reinforcing steel in 1 M HNO<sub>3</sub> environment,» *Construction and Building Materials*, vol. 236, nº 117572, 2020.
- [10] A. Anvari, M. Ghalehnovi, J. De Brito y A. Karimipour, «Improved bending behaviour of steel-fibre-reinforced recycled aggregate concrete beams with a concrete jacket,» *Magazine of Concrete Research*, vol. 73, nº 12, pp. 608 - 626, 2021.
- [11] R. Baboo y S. Niraj Kumar, «Statistical and experimental study to evaluate the variability and reliability of impact strength of steel-polypropylene hybrid fiber reinforced concrete,» *Journal of Building Engineering*, vol. 44, nº 102937, 2021.

- [12] P. Małgorzata y W. Grzegorz, «Laboratory tests of concrete beams reinforced with recycled steel fibres and steel bars,» *Materials*, vol. 14, nº 6752, 2021.
- [13] . A. R. MacEdo, A. S. Silva , D. S. Da Luz, R. L. Ferreira , C. S. Lourenço y U. U. Gomes , «Study of the effect of diatomite on physico-mechanical properties of concrete,» *Ceramica*, vol. 66, nº 377, pp. 50 - 55, 2020.
- [14] A. Yusra, B. Aulia , L. Linda y A. Satria, «The influence of using diatomic soil to mechanical behavior of normal concrete,» *AIP Conference Proceedings*, vol. 2629, nº 1, 2023.
- [15] C. Rodriguez, I. Miñano, C. Parra, . P. Pujante y F. Benito, «Properties of precast concrete using food industry-filtered recycled diatoms,» *Sustainability (Switzerland)*, vol. 13, nº 3137, 2021.
- [16] P. Vashistha, V. Kumar, S. K. Singh , D. Dutt, G. Tomar y P. Yadav, «Valorization of paper mill lime sludge via application in building construction materials: A review,» *Construction and Building Materials*, vol. 211, pp. 371 - 382, 2019.
- [17] . S. S. Vivek, B. Karthikeyan , . A. Bahrami, S. K. Selvaraj, R. Rajasakthivel y M. Azab, «Impact and durability properties of alccofine-based hybrid fibre-reinforced self-compacting concrete,» *Case Studies in Construction Materials*, vol. 19, nº 02275, 2023.
- [18] G. Pachideh y V. Toufigh, «Strength of SCLC recycled springs and fibers concrete subject to high temperatures,» *Structural Concrete*, vol. 23, nº 1, pp. 285 - 299, 2022.
- [19] P. Perumal, H. Nguyen, V. Carvelli, P. Kinnunen y M. Illikainen, «High strength fiber reinforced one-part alkali activated slag composites from industrial side streams,» *Construction and Building Material*, vol. 319, nº 126124, 2022.
- [20] M. Esmailzade, M. Eskandarinia y F. Aslani, «Effect of impurities of steel fibers extracted from shredded tires on the behavior of fiber-reinforced concrete,» *Structures*, vol. 45, pp. 1175 - 1188, 2022.
- [21] H. Yang, . Z. Shen, . M. Zhang, Z. Wang y . J. Li, «Mechanical properties and microstructure of cement-based materials by different high-temperature curing methods: A review,» *Journal of Building Engineering*, vol. 96, nº 110464, 2024.
- [22] Š. Marušiak, M. Pavlíková y . Z. Pavlík, «Diatomite powder as pozzolana active mineral admixture in mortar mix composition,» *AIP Conference Proceedings*, vol. 2210, nº 020024, 2020.
- [23] A. Elbady, S. Mousa, H. M. Mohamed y B. Benmokrane, «Punching-Shear Behavior of Glass Fiber-Reinforced Polymer-Reinforced Precast Concrete Tunnel Segments,» *ACI Structural Journal*, vol. 121, pp. 19 - 34, 2024.
- [24] R. R. Bellum, . K. H. K. Reddy, G. C. Reddy, M. V. R. K. Reddy y . S. Gamini, «Influence of steel slag on strength and microstructural characteristics of fly ash-based geopolymer concrete,» *Multiscale and Multidisciplinary Modeling, Experiments and Design*, vol. 7, pp. 5499 - 5514, 2024.

- [25] M. F. Alam, B. Pratap, M. Azhar, S. Kumar y . A. . K. L. Srivastava, «Microstructure and durability properties of high strength self-compacting concrete using micro silica and nano silica,» *Asian Journal of Civil Engineering*, vol. 25, pp. 5547 - 5557, 2024.
- [26] C. Li, G. Li, D. Chen, K. Gao, Y. Cao, Y. Zhou, Y. Mao, S. Fan, L. Tang y H. Jia, «The Effects of Diatomite as an Additive on the Macroscopic Properties and Microstructure of Concrete,» *Materials*, vol. 16, nº 1833, 2023.
- [27] A. Alsaif y Y. R. Alharbi, «Strength, durability and shrinkage behaviours of steel fiber reinforced rubberized concrete,» *Construction and Building Materials*, vol. 345, nº 128295, 2022.
- [28] Y. Jiang, Y. Yan, T. Li, X. Cao, L. Yu y H. Qi, «Comparison of the Mechanical Properties and Crack Expansion Mechanism of Different Content and Shapes of Brass-Coated Steel Fiber-Reinforced Ultra-High-Performance Concrete,» *Materials*, vol. 16, nº 2257, 2023.
- [29] L. Guangwei y Y. Wu, «Effect of diatomite on the reaction kinetics, early-age chemical shrinkage and microstructure of alkali-activated slag cements,» *Construction and Building Materials*, vol. 376, nº 131026, 2023.
- [30] O. A. Abaza, «Steel Fiber-Reinforced Rubberized Concrete for Roadways in Cold Regions: Public Road Test,» *Journal of Materials in Civil Engineering*, vol. 35, nº 04023161, 2023.
- [31] H. Zhang , . B. He, B. Zhao y P. JM Monteiro, «Using diatomite as a partial replacement of cement for improving the performance of recycled aggregate concrete (RAC)-Effects and mechanism,» *Construction and Building Materials*, vol. 385, nº 131518, 2023.
- [32] X. Yao, Z. Pei, H. Zheng, Q. Guan, F. Wang, . S. Wang y Y. Ji, «Review of Mechanical and Temperature Properties of Fiber Reinforced Recycled Aggregate Concrete,» *Buildings*, vol. 12, nº 1224, 2022.
- [33] W. Yang, L. Liu, W. Wu, K. Zhang, X. Xiong, C. Li, Y. Huang, X. Zhang y H. Zhou, «A review of the mechanical properties and durability of basalt fiber recycled concrete,» *Construction and Building Materials*, vol. 412, nº 134882, 2024.
- [34] A. Karimipour, M. Ghalehnovi y J. de Brito, «Mechanical and durability properties of steel fibre-reinforced rubberised concrete,» *Construction and Building Materials*, vol. 257, nº 119463, 2020.
- [35] S. Zong, Z. Liu, S. Li, Y. Lu y A. Zheng, «Stress-strain behaviour of steel-fibre-reinforced recycled aggregate concrete under axial tension,» *Journal of Cleaner Production*, vol. 278, nº 123248, 2021.
- [36] . Z. Lv, A. Jiang y B. Liang, «Development of eco-efficiency concrete containing diatomite and iron ore tailings: Mechanical properties and strength prediction using deep learning,» *Construction and Building Materials*, vol. 327, nº 126930, 2022.
- [37] M. K. N. Ghali, . T. A. El-Sayed, A. Salah y N. Khater, «Performance of RC Beams under Shear Loads Strengthened with Metallic and Non-Metallic Fibers,» *Buildings*, vol. 2024, nº 1869, 2024.

- [38] . J. Feng, . X. Jia, . X. Dong, P. Wang, B. Xu y . Z. Wang, «Cyclic compressive behavior of hook-end steel and macro-polypropylene hybrid fiber reinforced recycled aggregate concrete,» *Case Studies in Construction Materials*, vol. 19, nº 02310, 2023.
- [39] Z. Lv, C. Chen, R. Li, J. Jin y B. Hu, «Multifractal of acoustic emission for the multi-scale fracture behavior of diatomite modified concrete,» *Construction and Building Materials*, vol. 445, nº 137951, 2024.
- [40] G. Díaz A, B. Rodríguez S, F. Sesé M.A y E. Quesada D, «Effect of the incorporation of spent diatomaceous earths on the properties of alkaline activation cements based on sewage sludge ash,» *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, vol. 24, nº 62, 2024.
- [41] Y. Zhang, B. Zhu, J. Li, . Q. Wang y K. Hu, «Experimental and machine learning study on mechanical properties and frost resistance of nano-TiO<sub>2</sub> modified steel fiber reinforced concrete,» *Journal of Building Engineering*, vol. 98, nº 111207, 2024.
- [42] C. M. Frazão, . J. A. Barros y J. A. Bogas, «Durability of recycled steel fiber reinforced concrete in chloride environment,» *Fibers*, vol. 7, nº 12, 2019.
- [43] . R. Liu, . Y. Yang, X. Zhao y B. Pang, «Quantitative phase analysis and microstructural characterization of Portland cement blends with diatomite waste using the Rietveld method,» *Journal of Materials Science*, vol. 56, pp. 1242 - 1254, 2021.
- [44] H. Yuan , L. Zhu , M. Zhang y X. Wang, «Mechanical behavior and environmental assessment of steel-bars truss slab using steel fiber-reinforced recycled concrete,» *Journal of Building Engineering*, vol. 69, nº 106252, 2023.
- [45] L. Li, G. Mai, S. He, Z. Xiong, W. Wei, . H. Luo y . F. Liu, «Experimental study on bond behaviour between recycled aggregate concrete and basalt fibre-reinforced polymer bars under different strain rates,» *Construction and Building Materials*, vol. 290, nº 123218, 2020.