



La evolución del nanografeno en el sector de la construcción

The evolution of nanographene in the construction sector

A evolução do nanografeno no setor da construção

ARTÍCULO ORIGINAL



Jorge Cesar Rondos Chavez 
rondoschavezjorgecesar@gmail.com

Pamela Maria Cahuana Zavala 
pamehcz@gmail.com

Universidad Católica Sedes Sapientiae. Los Olivos, Perú

Escanea en tu dispositivo móvil
o revisa este artículo en:

<https://doi.org/10.33996/revistaingenieria.v9i23.130>

Artículo recibido 18 de noviembre 2024 / Aceptado 21 de diciembre 2024 / Publicado 17 de enero 2025

RESUMEN

La nanotecnología, un campo en constante evolución, ha abierto nuevas fronteras en diversos sectores, y la construcción no es la excepción. El objetivo es explicar la evolución del nanografeno en el sector de la construcción. El enfoque es cuantitativo, tipo descriptivo-explicativo con diseño experimental. Se realizó una búsqueda en las bases de datos Scopus, ScienceDirect y Scielo. Se utilizaron los descriptores "nanografeno", "concreto" y "resistencia a la compresión". Los resultados demuestran que, una de sus propiedades mecánicas es la resistencia a la compresión, se puede decir que los porcentajes de nanografeno que oscilan entre 0.02% - 0.04% con relación al peso del cemento se incrementa desde un 10% - 12%. En conclusión, la optimización de la dosificación del nanografeno es un punto clave para obtener los mejores resultados, ya que al dosificar de manera excesiva puede generar aglomeraciones del nanomaterial, lo que puede afectar negativamente las propiedades del concreto.

Palabras clave: Compresión; Construcción; Nanografeno; Propiedades; Resistencia

ABSTRACT

Nanotechnology, a constantly evolving field, has opened new frontiers in various sectors, and construction is no exception. The objective is to explain the evolution of nanographene in the construction sector. The approach is quantitative, descriptive-explanatory with experimental design. A search was carried out in the Scopus, ScienceDirect and Scielo databases. The descriptors "nanographene", "concrete" and "compressive strength" were used. The results show that one of its mechanical properties is compressive strength, it can be said that the percentages of nanographene that range between 0.02% - 0.04% in relation to the weight of cement increase from 10% - 12%. In conclusion, the optimization of the dosing of nanographene is a key point to obtain the best results, since excessive dosing can generate agglomerations of the nanomaterial, which can negatively affect the properties of concrete.

Key words: Compression; Construction; Nanographene; Properties; Resistance

RESUMO

A nanotecnologia, um campo em constante evolução, abriu novas fronteiras em vários setores e a construção não é exceção. O objetivo é explicar a evolução do nanografeno no setor da construção. A abordagem é quantitativa, do tipo descriptivo-explicativo com desenho experimental. Foi realizada uma pesquisa nas bases de dados Scopus, ScienceDirect e Scielo. Foram utilizados os descriptores "nanografeno", "betão" e "resistência à compressão". Os resultados mostram que uma das suas propriedades mecânicas é a resistência à compressão; pode-se dizer que as percentagens de nanografeno que variam entre 0,02% - 0,04% em relação ao peso do cimento aumentam de 10% - 12%. Concluindo, a otimização da dosagem do nanografeno é um ponto chave para obter os melhores resultados, uma vez que a dosagem excessiva pode gerar aglomerações do nanomaterial, o que pode afetar negativamente as propriedades do betão.

Palavras-chave: Compressão; Construção; Nanografeno; Propriedades; Resistência

INTRODUCCIÓN

El nanografeno es un elemento nanométrico bidimensional que está revolucionando su uso desde su descubrimiento en el año 2004, es un elemento con propiedades únicas que su uso está pasando las expectativas de muchos investigadores a nivel internacional por que está ocupando diversos sectores, como en el sector de la salud, sector de energía, sector de la electromecánica y lo más importante que también está incorporándose al sector de la construcción, esta revolución se está llevando a cabo por que el nanografeno está compuesto por átomos de carbono. Es así, como el descubrimiento del grafeno ha ocasionado una revolución que se puede comparar a la que ocurrió con los plásticos; científicos de todo el mundo investigan sus características, y miles de empresas están tratando de descubrir cómo pueden aprovechar este nuevo material para sus aplicaciones y productos (Elcacho, 2013).

A nivel mundial, su alta resistencia se está comparando con un acero por que la resistencia que tiene este elemento es mucho más amplio que un acero e incluso mucho más ligera; conductividad térmica y eléctrica, debido a que están compuestos de fibra de carbono, el material en el sector de la energía cumple con la función de contribuir a un ambiente saludable, porque debido a la conductica térmica y eléctrica se está llevando a cabo investigaciones que afirman que el uso de nanografeno en una vivienda ayuda en el ahorro de energías y tener un ambiente con temperatura

promedio para un ser humano, ya que el nanografeno se está utilizando en las pinturas que utilizan para dar un mejor acabado a una habitación, porque el nanografeno recepciona la luz solar en todo el día y lo almacena para la noche, por así ya no tendrás la necesidad de utilizar una fuente de energía cableado que hace una contaminación al medio ambiente (Farías et al., 2017).

Respecto a esto, García (2023), menciona que el nanografeno es una placa conformada por átomos de carbono del grosor de un nanómetro, el cual tienen enlaces químicos hibridizados sp^2 colocados en una red de panal o hexagonal y es un nanomaterial más delgado lo cual presenta los siguientes parámetros cristalográficos similares a la estructura del grafito, pero la diferencia entre el grafito y el nanografeno es la reducida cantidad de capas que puedan apilarse para que el nanomaterial en cuestión sea considerado nanografeno el cual las capas apiladas como máximo son entre 1 y 10 respectivamente.

Las investigaciones de este material se han triplicado radicalmente, ya que, es considerado el material del futuro porque es uno de los nanomateriales más abundantes a nivel mundial y su uso en los sectores están siendo revolucionarias gracias a sus propiedades:

Extremadamente ligeros: se ha llegado a comparar con una hoja de papel, porque es un millón de veces más fino, y una lámina de un metro cuadrado de nanografeno solo pesa 0.77 gramos “es el material más delgado jamás desarrollado”.

Muy Resistentes: es el nanomaterial más resistente que se conoce, porque han llevado a compararlo con un diamante, pero es mucho más ligera. Puede llegar a una resistencia mecánica de 43 N/m (tensión de rotura), que a comparación con otras laminas del mismo espesor solo llega a una resistencia de 0.40 N/m.

Flexibles: las investigaciones que se dieron a nivel mundial nos mencionan que el nanogafeno puede llegar a estirarse hasta un 10% de su tamaño normal y que puede doblarse sin tener ningún tipo de daño hasta un 20%.

Superconductores: al ser un nanomaterial termodinámico, transporta eficientemente la electricidad y es el mejor conductor de calor conocido a nivel mundial, porque en países como China, Brasil y Estados Unidos, se ha conocido que su conductividad térmica es de 5.000 W/mk que es mucho mayor que el cobre, el diamante o la plata, lo que permite disipar calores intensos sin calentarse.

En este contexto, debido a la gran resistencia que tiene el nanogafeno, por la comparación con un diamante, pero incluso mucha más ligera, en el sector de la construcción tiene muchas más expectativa por que puede llegar a ser muy importante en losas de las construcciones (ver figura 1), debido a que siendo un material muy ligero pero resistente hace el peso de la losa sea mucho menos y muy efectiva (Ullah et al., 2021). Futuro o no, ya se veía venir las posibilidades del nanogafeno en la construcción e ingeniería civil tanto en la tecnología como las diversas aplicaciones que se pueden tener (Guo et al., 2020). Un ejemplo trascendental es el "GRAFENO LOFT" una forma particular a lo tradicional, mejorando el uso de los elementos estructurales, construyendo como una base hexagonal y la fuerza del grafeno y sus aplicaciones como material principal.



Figura 1. Grafeno y sus aplicaciones en la construcción.

La comparación con otros materiales de construcción se llevará a cabo con sus propiedades que resaltan más (Zhao et al., 2018), como se puede comprobar en la siguiente tabla comparativa con otros materiales.

Tabla 1. Propiedades de los materiales resaltantes.

Propiedad	grafeno	Aluminio	Cobre	Silicio	Acero
Densidad (g/cm ³)	~2.2	2.7	8.96	2.33	7.85 (varía según el tipo)
Conductividad Eléctrica (S/m)	~10 ⁸	3.8 * 10 ⁷	5.96 * 10 ⁷	~10 ⁴	~10 ⁶ (varía según el tipo)
Resistencia Térmica (W/m*K)	~5000	237	398	150	10 – 50 (varía según el tipo)
Resistencia a la Tracción (GPa)	~130	70 – 700 (varía según el tratamiento)	210	~7	400 – 2500 (varía según el tipo)
Elasticidad (GPa)	~1,000	70	130	50 - 150	200 (varía según el tipo)
Transparencia	~97.7%	No	No	No	No

Fuente: (Sheng et al., 2021).

El presente estudio atiende, el creciente interés en las propiedades excepcionales del nanografeno y su potencial en diversas aplicaciones, pues, su uso en la construcción, específicamente en las losas, aún muestra una brecha de conocimiento. Aunque, se han realizado diversas investigaciones preliminares, es necesario cuantificar de manera precisa las mejoras en resistencia y otras propiedades estructurales que se pueden lograr al incorporar nanografeno en el concreto. Además de esto, el uso de nanomateriales en la construcción también se alinea con los objetivos globales de sostenibilidad, ya que ofrece la posibilidad de desarrollar materiales más eficientes y duraderos. Por lo tanto, esta investigación pretende contribuir al avance del conocimiento en el campo de los materiales de construcción y a su vez, explorar el potencial

del nanografeno para mejorar las propiedades de las losas, con el fin de promover prácticas de construcción más sostenibles y eficientes.

En atención a todo lo expuesto, este estudio tuvo como objetivo explicar la evolución del nanografeno en el sector de la construcción y el efecto de su incorporación en las propiedades mecánicas, en especial la resistencia a la compresión, de las losas de concreto.

MÉTODO

La investigación adopta un enfoque cuantitativo, de tipo descriptivo-explicativo y diseño experimental. Esta se llevó a cabo mediante la revisión sistemática de la literatura. La población quedó compuesta por las investigaciones publicadas en español o inglés entre los años 2010 y 2020, sobre el uso del nanografeno en el sector de

la construcción, lo cual, desde su descubrimiento en el 2004, la exploración del nanografeno en el sector de la construcción ha sido básicamente en el concreto y las instalaciones eléctricas.

Para identificar los estudios relevantes, se realizó una búsqueda en las bases de datos Scopus, ScienceDirect y Scielo. Se utilizaron los descriptores "nanografeno", "concreto" y "resistencia a la compresión".

La técnica de recolección de datos consistió en la extracción de información relevante de cada artículo utilizando una ficha de codificación preestablecida. También, los datos se introdujeron en una base de datos de SPSS para su posterior análisis. De igual forma, se realizó un meta-análisis utilizando el software RevMan 5.3. Se empleó el modelo de efectos aleatorios para considerar la heterogeneidad entre los estudios.

Por último, se realizó un análisis cuantitativo de los datos mediante la elaboración de tablas que permitieron visualizar las tendencias generales y comparar los resultados de los diferentes estudios. Además, se llevó a cabo un meta-análisis para cuantificar el efecto promedio del nanografeno en la resistencia a la compresión del concreto. Se empleó el modelo de efectos aleatorios para considerar la heterogeneidad entre los estudios. Los resultados del meta-análisis se presentaron en forma de forest plot y se calcularon los intervalos de confianza del 95%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presentan los resultados obtenidos a partir del análisis de los datos recopilados en la investigación. Estos resultados permitieron evaluar el impacto de la incorporación de nanografeno en las propiedades mecánicas de las losas de concreto, con especial énfasis en la resistencia a la compresión. A través de la presentación de tablas, se analizaron los efectos de diferentes dosis de nanografeno, así como las variaciones en otras propiedades relevantes, como la flexión y la permeabilidad:

Para muchas de las investigaciones se tuvo que preparar muestras de hormigón en el cual se utilizan solo dos tipos de cemento que son cemento Portland tipo I/II, arena natural y agregados gruesos de tamaño máximo de 12,5 mm (An et al., 2018). En la Tabla 2, se muestra las composiciones químicas del cemento que se utilizó en los estudios. En la Tabla 3, se muestran parámetros permisibles del agua. En la Tabla 4, la distribución del tamaño del agregado para el tamiz de agregado fino. Finalmente, en la Tabla 5 se muestran requisitos del agregado grueso.

Tabla 2. Composición química del cemento.

Composición Química en %	Cemento
SiO ₂	21.0
Alabam ₂ Oh ₃	4.9
Fé ₂ Oh ₃	2.3
CaO	64.8
MgO	1.7
N/A ₂ Oh	0.3

Tabla 3. Parámetros permisibles del agua

Descripción	Límites Permisibles	
Sólidos en suspensión	5000 ppm	Máximo
Materia orgánica	3 ppm	Máximo
Alcalinidad	1000 ppm	Máximo
Aulfatos	600 ppm	Máximo
Cloruros	100 ppm	Máximo
pH	5 a 8	Máximo

Tabla 4. Distribución del tamaño de partícula que deja pasar cada tamiz para agregado fino.

Malla	Diámetros	Porcentaje total de material de pasa
9.52 mm	3/8"	100 %
7.46 mm	N°4	95 a 100 %
2.36 mm	N°8	80 a 100 %
1.18 mm	N°16	50 a 85 %
596 µm	N°20	25 a 60 %
297 µm	N°50	10 a 30 %
149 µm	N°100	2 a 10 %

Tabla 5. Requisitos granulométricos del agregado grueso.

Tamaño nominal	% Pasa por los tamices normalizados												
	4" 100 mm	3 1/2" 90 mm	3" 75 mm	2 1/2" 63 mm	2" 50 mm	1 1/2" 37.5 mm	1" 25 mm	3/4" 19 mm	1/2" 12.5 mm	3/8" 9.5 mm	N°4 4.75 mm	N°8 2.36 mm	N°16 1.18 mm
3 1/2" a 1 1/2"	100	90 - 100	-	25 - 60	-	0 - 15	-	0 - 5					
2 1/2" a 1 1/2"	-	-	100	90 - 110	35 - 70	0 - 15	-	0 - 5					
2" a N°4	-	-	-	100	95 - 100	-	35 - 70	-	10 - 301	-	0 - 5		
1 1/2" a N°4	-	-	-	-	100	95 - 100	-	35 - 70	-	10 - 301	0 - 5		
1" a 3/8"	-	-	-	-	-	100	90 - 100	40 - 85	10 - 401	0 - 15	0 - 5		
1" a N°4	-	-	-	-	-	100	95 - 100	-	26 - 60	-	0 - 10	0 - 5	
3/4" a N°4	-	-	-	-	-	-	100	90 - 100	-	20 - 55	0 - 10	0 - 5	
2" a 1"	-	-	-	100	90 - 100	35 - 70	0 - 15	-	0 - 5				
1 1/2" a 3/4"	-	-	-	-	100	90 - 100	20 - 55	0 - 15	-	0 - 5			
1" a 1/2"	-	-	-	-	-	100	90 - 100	20 - 55	0 - 10	0 - 5			
3/4" a 3/8"	-	-	-	-	-	-	100	90 - 100	20 - 55	0 - 15	0 - 5		
1/2" a N°4	-	-	-	-	-	-	-	100	90 - 100	40 - 70	0 - 15	0 - 5	
3/8" a N°8	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85 - 100	10 - 30	0 - 10	0 - 5

Resultado 1

Tipo de nanografeno: se utilizó molécula de nanografeno modificada el cual es llamado nanografeno prístino.

Contenido de mezcla: mezcla preparada fue arena, agua y cemento; y a relación agua cemento fue de 0,48 incorporando un superplastificante.

Método de ensayo: resistencia a la compresión (f'c) que se realizaron en cubos de cemento a los 7 y 28 días. Todo de acuerdo a la norma ASTM C109/C109M-07. (Mowlaei et al., 2021).

Tabla 6. Resistencia a la compresión del hormigón con nanografeno y en función al tamaño de partícula del nanografeno a los 28 días.

% Nanografeno	Tamaño de partícula (µm)	f'c (MPa)
0,00	-	41.96
0,07	5	43.85
0,07	43	45.17
0,07	56	56.33
0,07	73	54.58
297 µm	N°50	10 a 30 %
149 µm	N°100	2 a 10 %

Fuente: Ho et al., (2020).

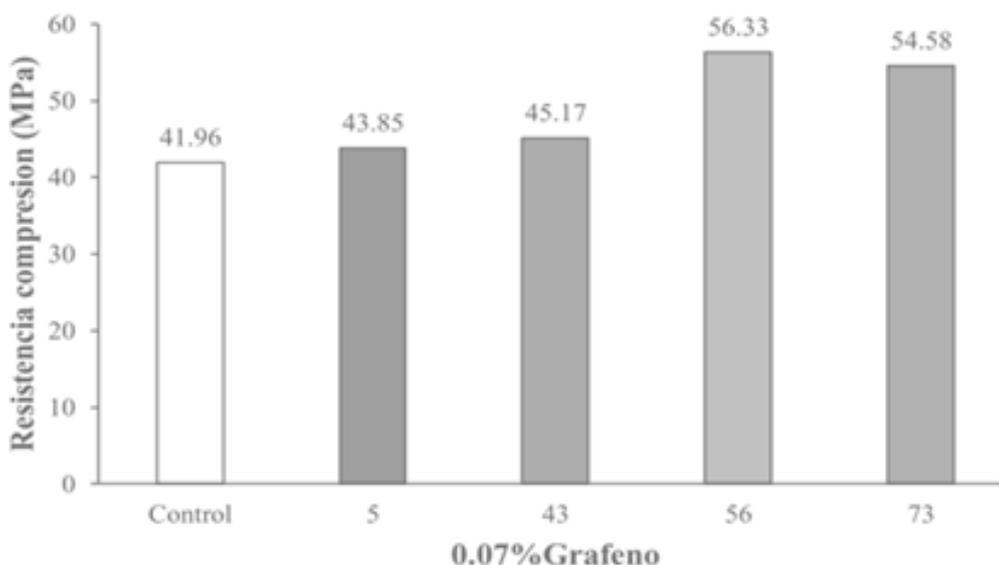


Figura 2. Resistencia a la compresión del concreto con nanografeno y en función del tamaño de partícula de nanografeno de 28 días. Fuente: Ho et al., (2020).

Resultado 2

Tipo de nanografeno: se utilizó oxido de nanografeno (GO), que se obtuvo por el método de Hummer mediante la oxidación química.

Contenido de mezcla: mezcla preparada fue cemento, arena y limo según la norma ASTM C109 y la relación agua cemento fue de 0,18 – 0,20.

Método de ensayo: ensayo de compresión con cubos de concretos a los 28 días considerando las normas ASTM C348-02 Y ASTM C349-02. (Liu et al., 2019).

Tabla 7. Resistencia a la compresión del concreto con oxido de nanografeno a los 28 días. (Muthu et al., 2021).

% Oxido de nanografeno	f'c (MPa)
Control	30
0,01	24
0,1	27.5
0,2	32.5

Fuente: Chougan et al., (2019).

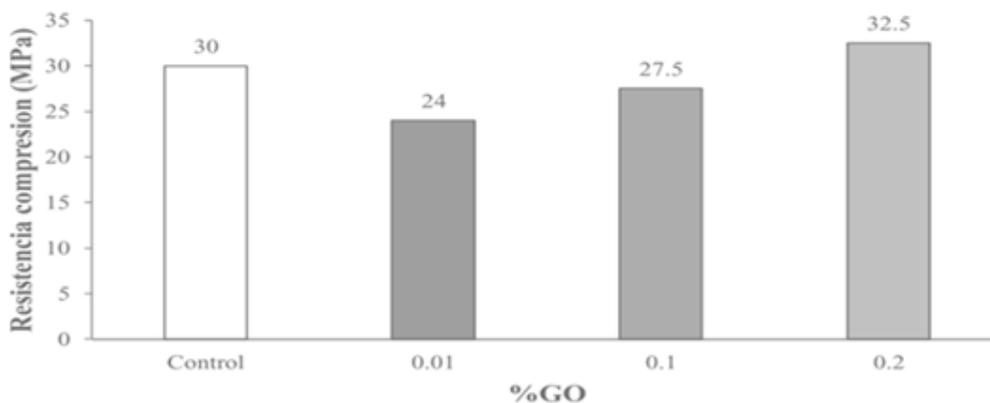


Figura 3. Resistencia a la compresión del concreto con grafeno y de función del tamaño de partícula de nanografeno (28días). Fuente: Chougan et al., (2019).

Resultado 3

Tipo de nanografeno: se utilizó 3 tipos de nanografeno: natural prístino (G), oxido de nanografeno (GO) y oxido de nanografeno reducido (rGO).

Contenido de mezcla: la relación agua cemento fue de 0,45 y el hormigón se preparó en relación a la norma ASTM C109.

Método de ensayo: fuerza constante de 2,4 KN/seg a un cubo de concreto de 50 mm. (Muthu et al., 2021)

Tabla 8. Resistencia a la compresión del concreto con oxido de nanografeno, oxido de nanografeno reducido y nanografeno a los 28 días (Guo et al., 2020).

Contenido	f'c (MPa)		
	Oxido de nanografeno	Oxido de nanografeno reducido	Nanografeno
Control	50	50	50
0,01	52,5	52	63
0,02	56	52,5	67,5
0,04	62,5	63	55
0,08	62,5	57,5	55
0,16	62,5	62,5	60

Fuente: Qureshi and Panesar (2020).

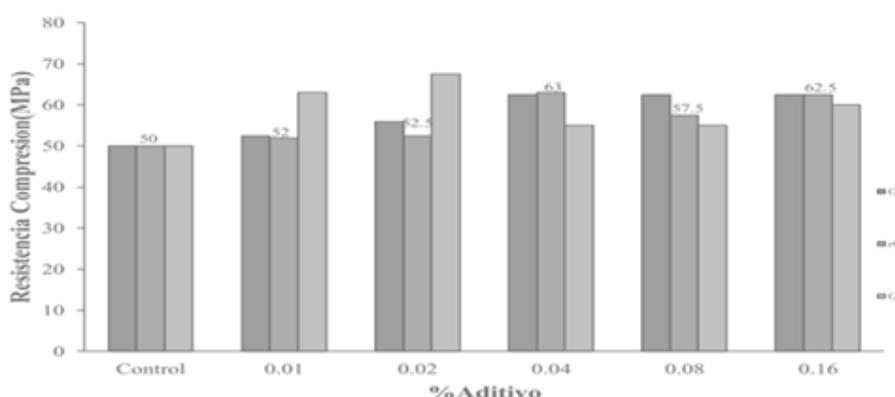


Figura 4. Resistencia a la compresión en concreto con GO, rGO o G. Fuente: Qureshi and Panesar (2020).

Discusión

Los hallazgos obtenidos corroboran que la incorporación de nanografeno en mezclas de concreto puede mejorar significativamente su durabilidad, especialmente en términos de resistencia a la compresión. Al igual que lo reportado por Elcacho (2013), se observa una mejora en las propiedades mecánicas del material, lo cual se atribuye a la capacidad del nanografeno de formar una red tridimensional que refuerza la matriz cementicia.

Sin embargo, los resultados de la investigación sugieren que la influencia del nanografeno en

la durabilidad del concreto está conexas con la relación agua-cemento. Al igual que lo planteado por Farías et al. (2017), una adecuada relación agua-cemento es fundamental para garantizar una buena hidratación del cemento y una mayor densidad del concreto, lo cual se ve potenciado por la presencia del nanografeno.

De igual forma, la mejora en la durabilidad del concreto con nanografeno puede explicarse por diversos mecanismos. Por un lado, el nanografeno puede actuar como barrera frente a la penetración de iones y agua, de manera que, la durabilidad de este amplía cuando hay una buena relación entre

agua y cemento y esto lo lleva a una resistencia aumentado en el 10% a 12 %, lo que reduce los procesos de deterioro asociados a la corrosión del acero y la degradación de la matriz cementicia. Y, por otro lado, la formación de enlaces químicos entre el nanogafeno y la matriz cementicia puede contribuir a una mayor cohesión del material y a una mejor distribución de los esfuerzos.

CONCLUSIÓN

Con el objetivo de explicar la evolución del nanogafeno en el sector de la construcción y evaluar su impacto en las propiedades mecánicas, en particular en la resistencia a la compresión, de las losas de concreto, los resultados obtenidos de este estudio demuestran que la incorporación de nanogafeno en las mezclas de concreto conlleva un aumento significativo en su resistencia a la compresión. Esta mejora se puede atribuir a la capacidad del nanogafeno para puentear microfisuras, mejorar significativamente la cohesión entre los agregados y la matriz cementicia, así como también la reducción de la porosidad del material.

También, se destaca que la optimización de la dosificación del nanogafeno es un punto muy importante para obtener los mejores resultados. De igual forma, se observó que al dosificar de manera excesiva puede generar aglomeraciones del nanomaterial, lo que puede afectar negativamente las propiedades del concreto. Además, aunque este estudio estuvo centrado

en la resistencia a la compresión, las futuras investigaciones deben explorar el impacto del material en otras propiedades como la durabilidad, la permeabilidad y la resistencia a la fatiga.

Se puede concluir además que, los resultados de este estudio confirman el potencial del nanogafeno como un aditivo prometedor para la mejora de las propiedades mecánicas del concreto y ampliar su aplicación en la construcción. Unido a esto, los hallazgos de esta investigación constituyen un valioso aporte al conocimiento científico y tecnológico en el campo de los materiales de construcción, abriendo nuevas perspectivas para la construcción de estructuras no solo más duraderas, sino también sostenibles.

CONFLICTO DE INTERESES. Los autores declaran que no existe conflicto de intereses para la publicación del presente artículo de revisión.

REFERENCIAS

- An, JY., Lin, K., Zhu, L., Werling D., Dong, S., Brand, H, et.al (2018) Genome-wide de novo risk score implicates promoter variation in autism spectrum disorder. *Science*. Dec 14;362(6420). <https://lc.cx/Np042S>
- Chougan, M., Marotta, E., Lamastra, F., Vivio, F., Montesperelli, G., Ianniruberto, U y Bianco, A. (2019). A systematic study on EN-998-2 premixed mortars modified with graphene-based materials. *Construction and Building Materials*, 227, 116701. <https://lc.cx/nT4V2P>
- Elcacho, J. (2013) La revolución del grafeno. (10/05/2013) Portada. <https://bit.ly/4g9QVja>
- Farías, L., Flores, J., Rosales, L., Sáenz, A y López, L. (2017). Grafeno, el material del futuro. *Ciencia Cierta*, 1–7. <https://lc.cx/aL1hJT>

- García, J. (2023). Grafeno: producción, caracterización y aplicaciones. 43(1), 59–80. <https://lc.cx/dqYmiR>
- Guo, L., Wu, J y Wang, H. (2020). Mechanical and perceptual characterization of ultra-high-performance cement-based composites with silane-treated graphene nano-platelets. *Construction and Building Materials*, 240, 117926. <https://lc.cx/Kp2Uuu>
- Ho, V., Ng, C., Ozbakkaloglu, T., Goodwin, A., McGuckin, C., Karunagaran, R y Losic, D. (2020). Influence of pristine graphene particle sizes on physicochemical, microstructural and mechanical properties of Portland cement mortars. *Construction and Building Materials*, 264, 120188. <https://lc.cx/sAQPUq>
- Liu, C., Chen, F., Wu, Y., Zheng, Z., Yang, J., Yang, B., Yang, J., Hui, D y Luo, Y. (2021). Research progress on individual effect of graphene oxide in cement-based materials and its synergistic effect with other nanomaterials. *Nanotechnology Reviews*, 10(1), 1208–1235. <https://lc.cx/J8Y27i>
- Liu, J., Fu, J., Yang, Y y Gu, C. (2019). Study on dispersion, mechanical and microstructure properties of cement paste incorporating graphene sheets. *Construction and Building Materials*, 199, 1–11. <https://lc.cx/xPloSw>
- Mowlaei, R., Lin, J., Basquiroto de Souza, F., Fouladi, A., Habibnejad, A., Shamsaei, E y Duan, W. (2021). The effects of graphene oxide-silica nanohybrids on the workability, hydration, and mechanical properties of Portland cement paste. *Construction and Building Materials*, 266, 121016. <https://lc.cx/FpuryW>
- Muthu, M., Yang, E y Unluer, C. (2021). Effect of graphene oxide on the deterioration of cement pastes exposed to citric and sulfuric acids. *Cement and Concrete Composites*, 124(September), 104252. <https://lc.cx/kWPjYB>
- Qureshi, T y Panesar, D. (2020). Nano reinforced cement paste composite with functionalized graphene and pristine graphene nanoplatelets. *Composites Part B: Engineering*, 197, 108063. https://lc.cx/_cBRqp
- Sheng, K., Li, D y Yuan, X. (2021). Methyl orange assisted dispersion of graphene oxide in the alkaline environment for improving mechanical properties and fluidity of ordinary portland cement composites. *Journal of Building Engineering*, 43(August), 103166. <https://lc.cx/hhy-H7>
- Ullah, M., Imtiaz, S., Khushnood, R., Pervaiz, E., Ahmed, W., Ullah, A y Qureshi, Z. (2021). Synthesis, characterization and application of graphene oxide in self consolidating cementitious systems. *Construction and Building Materials*, 296, 123623. <https://lc.cx/Y9HktT>
- Zhao, L., Guo, X., Liu, Y., Zhao, Y., Chen, Z., Zhang, Y., Guo, L., Shu, X y Liu, J. (2018). Hydration kinetics, pore structure, 3D network calcium silicate hydrate, and mechanical behavior of graphene oxide reinforced cement composites. *Construction and Building Materials*, 190, 150-163. <https://lc.cx/02PZEq>

ACERCA DE LOS AUTORES

Jorge Cesar Rondos Chavez

Estudiante de Ingeniería Civil de la Universidad Católica Sedes Sapientiae, Perú.

Pamela Maria Cahuana Zavala

Maestra en gestión educativa y didáctica, Universidad Católica Sedes Sapientiae. Maestría en construcción con mención en gestión y organización de la Construcción. Doctorado en seguridad y control en minería, Coordinadora de la Facultad de Ingeniería- Filial Tarma, Experiencia como docente en consultoría de obras de construcción, Perú.