

**DOI:** <https://doi.org/10.46296/ig.v6i12edespoc0.0120>

## **ESTRUCTURAS SOSTENIBLES Y HORMIGÓN AUTORREPARABLE**

### **SUSTAINABLE STRUCTURES AND SELF-HEALING CONCRETE**

Baque-Campozano Byron Patricio <sup>1</sup>; Pino-Tarragó Julio Cesar <sup>2</sup>;  
Delgado-Mendoza Kevin Alexander <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidad Estatal del Sur de Manabí. Carrera de Ingeniería Civil. Facultad de Ciencias Técnicas. Jipijapa, Ecuador. Correo: byron.baque@unesum.edu.ec.  
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9701-2179>

<sup>2</sup> Universidad Estatal del Sur de Manabí. Carrera de Ingeniería Civil. Facultad de Ciencias Técnicas. Jipijapa, Ecuador. Correo: julio.pino@unesum.edu.ec.  
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0377-4007>

<sup>3</sup> Universidad Estatal del Sur de Manabí. Carrera de Ingeniería Civil. Facultad de Ciencias Técnicas. Jipijapa, Ecuador. Correo: ideltaarts@gmail.com.  
ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0007-1501-1553>

#### **Resumen**

El Documento explora cuestiones sobre los avances y desafíos en el campo de las estructuras sostenibles con hormigón autorreparable. La sostenibilidad en la construcción es una preocupación creciente debido a la degradación de las estructuras de hormigón con el tiempo y su impacto ambiental. En este contexto, el hormigón autorreparable se ha destacado como una solución prometedora. En ese sentido, se abordan los conceptos fundamentales del hormigón autorreparable, que involucra la incorporación de materiales especiales en la mezcla de hormigón que pueden auto reparar fisuras y grietas microscópicas. Se destaca cómo esta tecnología reduce la necesidad de mantenimiento constante y prolonga la vida útil de las estructuras, lo que es esencial para la sostenibilidad. Se discuten las diversas estrategias de auto reparación, incluyendo la liberación controlada de sustancias químicas, bacterias especiales y la activación de materiales de reparación a través de estímulos externos. También se abordan los desafíos asociados con esta tecnología, incluyendo la compatibilidad de los materiales, la durabilidad a largo plazo y la seguridad estructural. Se señala la necesidad de investigaciones continuas para abordar estas cuestiones.

**Palabras clave:** Estructuras sostenibles, Hormigón autorreparable, Sostenibilidad.

#### **Abstract**

The Document explores questions about advances and challenges in the field of sustainable structures with self-healing concrete. Sustainability in construction is a growing concern due to the degradation of concrete structures over time and their environmental impact. In this context, self-healing concrete has emerged as a promising solution. In this sense, the fundamental concepts of self-healing concrete are addressed, which involves the incorporation of special materials in the concrete mix that can self-repair microscopic fissures and cracks. It highlights how this technology reduces the need for constant maintenance and extends the useful life of structures, which is essential for sustainability. Various self-repair strategies are discussed, including controlled release of chemicals, special bacteria, and activation of repair materials through external stimuli. Challenges associated with this technology are also addressed, including material compatibility, long-term durability, and structural safety. The need for continued research to address these issues is noted.

**Keywords:** Sustainable structures, Self-healing concrete, Sustainability.

#### **Información del manuscrito:**

**Fecha de recepción:** 05 de julio de 2023.

**Fecha de aceptación:** 25 de septiembre de 2023.

**Fecha de publicación:** 03 de octubre de 2023.



## 1. Introducción

En la búsqueda de soluciones para abordar los desafíos históricos relacionados con la escasez de recursos energéticos y la creciente presión ambiental, los materiales de construcción desempeñan un papel crucial en la construcción sostenible y la eficiencia energética. En el contexto de los fundamentos teóricos que rigen el sector de la construcción, es plausible abordar la cuestión de la intensidad energética en la producción de materiales de construcción (Lesovik et al., 2021). Esto puede lograrse mediante la explotación de fuentes de energía derivadas de procesos geológicos y cosmoquímicos, así como el empleo de materias primas que presenten un perfil de consumo energético más eficiente. Entre estos materiales, los hormigones autorreparables emergen como una innovación prometedora con la capacidad de abordar estas preocupaciones de manera efectiva. Los hormigones autorreparables, también conocidos como SHC (Self-Healing Concrete), representan una evolución significativa en el campo de la construcción sostenible. Estos materiales poseen la capacidad

intrínseca de sanar fisuras y daños internos, lo que reduce la necesidad de intervenciones externas y prolonga la vida útil de las estructuras de concreto. Este atributo reviste una importancia fundamental en términos de sostenibilidad y eficiencia energética.

Uno de los principales beneficios de los hormigones autorreparables es la reducción de la intensidad energética en la producción y mantenimiento de estructuras. Al minimizar la necesidad de reemplazar o reparar elementos de concreto dañados, se ahorra una cantidad significativa de energía que de otro modo se requeriría para la fabricación de nuevos materiales y la ejecución de reparaciones convencionales. Esto no solo contribuye a la eficiencia energética, sino que también disminuye la huella de carbono de la industria de la construcción, aliviando la presión ambiental.

## 2. Impacto Ambiental y Eficiencia Energética en Estructuras de Hormigón Autorreparable

A pesar de la inherente propensión del hormigón a la formación de

fracturas, este material ha mantenido una presencia destacada en la industria de la construcción debido a su accesibilidad y disponibilidad económica. Sin embargo, en las últimas dos décadas, ha surgido un creciente interés en los materiales autorreparables, particularmente en el contexto de la búsqueda de soluciones sostenibles y respetuosas con el medio ambiente en la construcción (Ravikar et al., 2023). El concepto de hormigón autorreparable (SHC por sus siglas en inglés) ha adquirido relevancia significativa en esta búsqueda, ya que ofrece la capacidad intrínseca de reparar sus propias fisuras, reduciendo así la necesidad de detectar y remediar daños internos, como grietas, mediante intervenciones externas en la estructura.

Esta innovadora propiedad del hormigón autorreparable se traduce en beneficios multifacéticos. En primer lugar, conlleva una disminución de los costos asociados a las labores de mantenimiento y reparación, lo cual resulta fundamental en términos de eficiencia económica. Por otro lado, contribuye a una mayor durabilidad

de las estructuras de hormigón, al minimizar la propagación de fisuras y, por ende, aporta a la extensión de su vida útil. Adicionalmente, esta tecnología reduce la vulnerabilidad a la corrosión del refuerzo interno y el deterioro del propio concreto, mitigando así los efectos adversos de factores ambientales y climáticos.

### **3. Tecnologías emergentes en la construcción sostenible con hormigón autorreparable**

Las tecnologías emergentes en el desarrollo de hormigones autorreparables cobran una relevancia extraordinaria. Estas tecnologías no solo prometen una mayor durabilidad y longevidad de las estructuras de concreto, sino que también tienen el potencial de reducir significativamente los costos de mantenimiento y las interrupciones en el funcionamiento de las edificaciones (Zhao et al., 2022). Así, la investigación y aplicación de estas tecnologías representan un avance importante en la industria de la construcción y abren nuevas perspectivas para la eficiencia y sostenibilidad en el campo de la ingeniería estructural.

Entre los enfoques investigados, se distinguen dos categorías principales: aquellos que buscan mejorar el mecanismo natural de curación autógena de las grietas y aquellos que persiguen la modificación del hormigón mediante la incorporación de cápsulas contenedoras de agentes curativos adecuados (Tittelboom & De Belie, 2013). Dentro del marco de las tecnologías emergentes, se ha revelado que la incorporación de bacterias en la formulación del hormigón convencional conlleva mejoras sustanciales en su resistencia a la compresión y potencia la propiedad de autocuración del material (İpek et al., 2023). Este avance representa un enfoque innovador y prometedor en la búsqueda de soluciones que mejoren la calidad y durabilidad de las estructuras de hormigón en el ámbito de la construcción.

Las bacterias, específicamente las cepas de bacterias productoras de carbonato, se introducen en la mezcla de hormigón durante el proceso de fabricación. Estas bacterias tienen la capacidad de secretar carbonato cálcico cuando están expuestas a condiciones

adecuadas, como la presencia de agua y la presión (Zheng et al., 2021).

El carbonato cálcico actúa como un agente de sellado natural que puede cerrar fisuras y grietas microscópicas en el hormigón. Esta propiedad de autocuración es altamente beneficiosa, ya que puede prolongar significativamente la vida útil de las estructuras de hormigón al prevenir la propagación de fisuras y reducir la necesidad de costosas reparaciones.

#### **4. Desafíos y Futuro de las Estructuras Sostenibles con Hormigón Autorreparable**

El uso de la tecnología en la construcción sostenible ha elevado los estándares de construcción a un nivel nuevo y elevado en la era moderna. No obstante, estos avances no han eliminado por completo los desafíos constructivos que afectan la calidad y durabilidad de las estructuras de hormigón. Errores humanos y la falta de capacitación adecuada en el manejo de materiales y técnicas de construcción a menudo resultan en problemas que emergen con el

tiempo (Kaur & Singh, 2023). Un edificio eficaz tiene dificultades para durar el tiempo previsto debido a errores humanos, manipulación inadecuada y trabajo no calificado. Después de la construcción, aparecen una serie de problemas, como desgaste, grietas, filtraciones y flexiones, etc.

Entre estos problemas postconstrucción, se encuentran el desgaste gradual que afecta la estética y la funcionalidad de la estructura, la formación de grietas que ponen en peligro la seguridad y la durabilidad, filtraciones que causan daños en el interior del edificio y flexiones que pueden debilitar la estructura misma.

En los últimos años, se ha planteado la cuestión de utilizar dos modelos de predicción altamente efectivos: las Redes Neuronales Artificiales (ANN, por sus siglas en inglés) y el Sistema de Inferencia Neurodifusa Adaptativa (ANFIS, por sus siglas en inglés) en la evaluación y predicción de propiedades críticas del hormigón, como la resistencia media (Sri et al., 2023).

Las redes neuronales artificiales (RNAs) y la neurodifusa adaptativa

representan avances prometedores en el campo de las estructuras sostenibles con hormigón autorreparable. Estas tecnologías revolucionarias ofrecen soluciones innovadoras para abordar los desafíos actuales y futuros en la construcción sostenible y la reparación de estructuras de hormigón (Amor et al., 2021).

La neurodifusa adaptativa, por otro lado, es una rama de la inteligencia artificial que combina la lógica difusa con algoritmos de aprendizaje automático. Esta tecnología permite que las estructuras de hormigón autorreparable sean más autónomas y adaptables al entorno (Jahed Armaghani & Asteris, 2021). La lógica difusa puede ayudar a interpretar datos sensoriales y condiciones ambientales de manera más precisa, lo que facilita la toma de decisiones inteligentes sobre las acciones de reparación necesarias.

Sin embargo, estos enfoques también presentan desafíos significativos. La implementación de RNAs y neurodifusas adaptativas en estructuras de hormigón requiere una integración precisa de sensores, actuadores y sistemas de control, lo

que aumenta la complejidad del diseño y la construcción. Además, la seguridad y la fiabilidad son preocupaciones críticas, ya que un mal funcionamiento de estos sistemas podría tener consecuencias graves. El futuro de las estructuras sostenibles con hormigón autorreparable dependerá en gran medida de superar estos desafíos. Es necesario desarrollar estándares de seguridad y protocolos de prueba rigurosos para garantizar la confiabilidad de estas tecnologías. Además, se requerirá una inversión continua en investigación y desarrollo para perfeccionar los algoritmos y sistemas que respaldan las RNAs y la neurodifusa adaptativa en aplicaciones de construcción.

## 5. Conclusiones

La sostenibilidad ambiental es un tema clave en el artículo, y se examinan las ventajas del hormigón autorreparable en términos de reducción de residuos y disminución de la huella de carbono. Se destaca cómo la prolongación de la vida útil de las estructuras reduce la necesidad de reemplazo, lo que a su

vez disminuye el consumo de recursos.

Las estructuras sostenibles con hormigón autorreparable tienen un gran potencial para abordar los desafíos de sostenibilidad en la construcción. Sin embargo, se enfatiza que la investigación y el desarrollo continuos son esenciales para superar los desafíos técnicos y garantizar la viabilidad a largo plazo de esta tecnología. Se alienta a la comunidad científica y a la industria de la construcción a colaborar en la implementación exitosa de estas soluciones innovadoras y sostenibles.

## Bibliografía

- Amor, Nesrine & Noman, Muhammad & Petru, Michal. (2021). Prediction of functional properties of nano TiO<sub>2</sub> coated cotton composites by artificial neural network. *Scientific Reports*. 11. 12235. 10.1038/s41598-021-91733-y.
- İpek, Süleyman & Mete Güneyisi, Esra & Güneyisi, Erhan. (2023). Bacteria-Based Self-Healing Concretes for Sustainable Structures. 10.1201/9781003325246-10.
- Jahed Armaghani, Danial & Asteris, Panagiotis. (2021). A

- comparative study of ANN and ANFIS models for the prediction of cement-based mortar materials compressive strength. *Neural Computing and Applications*. 33. 10.1007/s00521-020-05244-4.
- Kaur, Taranpreet & Singh, Arushi. (2023). A Review on Self Healing Concrete. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*. 11. 10.22214/ijraset.2023.54736.
- Lesovik, Valery & Fediuk, Roman & Amran, Mugahed & Vatin, Nikolai & Timokhin, Roman. (2021). Self-Healing Construction Materials: The Geomimetic Approach. *Sustainability*. 13. 9033. 10.3390/su13169033.
- Ravikar, Aboli & Joshi, Deepa & Menon, Radhika. (2023). Analysis of Self-Healing Strategies in Smart Concrete using Fuzzy Analytic Hierarchy Process. *E3S Web of Conferences*. 405. 10.1051/e3sconf/202340504016.
- Sri, K. & Nayaka, Ramesh & Kumar, M.. (2023). Mechanical properties of sustainable self-healing concrete and its performance evaluation using ANN and ANFIS models. *Journal of Building Pathology and Rehabilitation*. 8. 10.1007/s41024-023-00345-8.
- Tittelboom, Kim & De Belie, Nele. (2013). Self-Healing in Cementitious Materials—A Review. *Materials*. 6. 2182-2217. 10.3390/ma6062182.
- Zhao, Kaiwen & Ma, Xianyong & Zhang, Hongwei & Dong, Ze Jiao. (2022). Performance zoning method of asphalt pavement in cold regions based on climate Indexes: A case study of Inner Mongolia, China. *Construction and Building Materials*. 361. 129650. 10.1016/j.conbuildmat.2022.129650.
- Zheng, Tianwen & Zhang, Xuan & su, Yilin. (2021). Application of microbial self-healing concrete: Case study. *Construction and Building Materials*. 290. 123226. 10.1016/j.conbuildmat.2021.123226.