

La tesis doctoral titulada “Durability of eco-friendly alternative materials to Portland cement” se llevó a cabo en el Grupo de Investigación de Comportamiento en Servicio de Materiales (CSM) de la Universidad Carlos III de Madrid (UC3M), como parte del programa de doctorado en Ciencia e Ingeniería de Materiales de UC3M, bajo la supervisión de los Dr. Manuel Torres Carrasco y Dra. Asunción Bautista. Este trabajo de investigación se desarrolló principalmente en UC3M y durante una estancia de investigación internacional de 3 meses en el grupo de investigación de Tecnología de la Corrosión y Electroquímica de la Universidad Técnica de Delft (TuDelft) (Delft, Países Bajos), supervisado por la Dra. Yaiza González García. Además, se llevaron a cabo colaboraciones con diversas instituciones de investigación nacionales e internacionales, como el Instituto de Cerámica y Vidrio (ICV-CSIC, Madrid, España), el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (IETcc-CSIC, Madrid, España) y el grupo de investigación en Ingeniería Química, Biomolecular y de la Corrosión de la Universidad de Akron (Ohio, EE.UU.).

Esta tesis doctoral aborda una problemática crucial relacionada con los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) que adoptó la Organización de Naciones Unidas (ONU). Esta tesis se enmarca en el objetivo N°13, sobre el interés por adoptar medidas urgentes para el cambio climático y sus efectos. Es por ello que esta tesis se centra en el cambio climático centrada en la industria cementera, que es una importante fuente de emisiones de gases de efecto invernadero. La necesidad de reducir estas emisiones ha llevado a la búsqueda de alternativas al cemento Portland convencional (OPC), dando lugar a investigaciones en nuevos materiales cementantes como los activados alcalinamente (AAM) y los materiales híbridos (HM).

La contribución de la tesis doctoral en distintos aspectos se enlista de la siguiente manera:

Reducción de emisiones: La tesis aborda directamente el problema de las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a la industria cementera. Al desarrollar materiales como AAM y HM, que utilizan subproductos industriales en lugar de OPC, se contribuye a la reducción de emisiones al tiempo que se busca mantener propiedades mecánicas y de durabilidad adecuadas.

Revalorización de residuos: La utilización de subproductos industriales, como escorias de alto horno y cenizas volantes, para la fabricación de estos nuevos materiales, no solo reduce la dependencia de materias primas tradicionales, sino que también revaloriza estos residuos al convertirlos en componentes de materiales de construcción sostenibles.

Durabilidad y resistencia: La evaluación de la durabilidad de los sistemas AAM y HM frente a diferentes agentes externos, como desgaste, carbonatación, lixiviación y corrosión, es esencial para garantizar su aplicabilidad en el contexto de las infraestructuras. Los resultados indican un

comportamiento adecuado en comparación con los sistemas convencionales, asegurando una resistencia y durabilidad satisfactorias.

Estudio de alternativas a las disoluciones activadoras: La investigación no se limita a la formulación de nuevos materiales, sino que también se centra en el estudio de diferentes activadores alcalinos, buscando reducir su uso y mejorar la retracción, lo que puede tener implicaciones significativas para la aplicabilidad práctica de estos materiales en la construcción.

Evaluación de impacto ambiental: La conclusión más relevante de la tesis destaca la existencia de alternativas que permiten reducir el impacto ambiental de la industria del cemento Portland. Este hallazgo sugiere que los nuevos materiales desarrollados podrían ser adoptados en la práctica para construcciones más sostenibles, contribuyendo así al avance en el campo de la infraestructura y el transporte de manera más respetuosa con el medio ambiente.

En resumen, la tesis contribuye al desarrollo de materiales más sostenibles para la industria de la construcción, abordando los desafíos del cambio climático y promoviendo el uso eficiente de recursos. Los resultados obtenidos tienen implicaciones importantes para la industria y la sociedad en general, y están alineados con los objetivos de desarrollo sostenible

El impacto científico de los resultados obtenidos se refleja en las siguientes publicaciones:

- 1) **S. Shagñay**, F. Velasco, A. del Campo, M. Torres-Carrasco, Wear behavior in pastes of alkali-activated materials: Influence of precursor and alkali solution, Tribology International (Q1, IF=5.622), 147 (2020) 106-293, <http://doi.org/10.1016/j.triboint.2020.106293>.
- 2) **S. Shagñay**, A. Bautista, F. Velasco, M. Torres-Carrasco, Hybrid cements: Towards their use as alternative and durable materials against wear, Construction and Building Materials (Q1, IF= 7.693), 312 (2021) 125-397, <http://doi.org/10.1016/j.CONBUILDMAT.2021.125397>.
- 3) **S. Shagñay**, L. Ramon, M. Fernandez-Alvarez, A. Bautista, F. Velasco, M. Torres-Carrasco, Eco-efficient hybrid cement: Pozzolanic, mechanical and abrasion properties, Applied Sciences (Q2, IF= 2.921), 10 (2020) 1-15, <http://doi.org/10.3390/app10248986>.
- 4) **S. Shagñay**, A. Bautista, F. Velasco, M. Torres-Carrasco, Carbonatation of alkali-activated and hybrid mortars from slag: Confocal Raman microscopy study and impact on wear performance, Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio, (Q1, IF=3.483 in 2021) (2023), <http://doi.org/10.1016/j.bsecv.2022.07.003>.
- 5) **S. Shagñay**, I. Garcia-Lodeiro, F. Velasco, A. Bautista, M. Torres-Carrasco, Mineralogical and microstructural changes in alkali-activated and hybrid materials exposed to

- accelerated leaching, Journal of Building Engineering (Q1, IF=7.144 in 2021) **(2022)** 105-733, <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2022.105733>.
- 6) **S. Shagñay**, A. Bautista, J. Donaire, M. Torres-Carrasco, D. M. Bastidas, F. Velasco, Chloride-induced corrosion of steel reinforcement in mortars manufactured with alternative environmentally-friendly binders, Cement and Concrete Composites (Q1, IF=9.930 in 2021), 130 **(2022)** 104-557, <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2022.104557>.
- 7) **S. Shagñay**, A. Bautista, I. Ramon-Alvarez, F. Velasco, M. Torres-Carrasco, Influence of shrinkage in alkali-activated slag mortars on the corrosion of embedded steel, Journal of Sustainable Cement-Based Materials (Q1, IF = 5.328 in 2022), **(2023)** 1-18, <https://doi.org/10.1080/21650373.2023.2260794>

Estas publicaciones representan una contribución significativa al avance del conocimiento en el campo de estudio y evidencian el impacto y la relevancia de la investigación realizada.

En conclusión, la tesis doctoral "Durability of eco-friendly alternative materials to Portland cement" representa una contribución significativa al campo de la construcción sostenible y la mitigación del impacto ambiental de la industria del cemento. A través de una investigación exhaustiva realizada en el Grupo de Investigación de Comportamiento en Servicio de Materiales (CSM) de la Universidad Carlos III de Madrid (UC3M) y en colaboración con instituciones de investigación de renombre internacional, se han desarrollado y evaluado materiales alternativos como los activados alcalinamente (AAM) y los materiales híbridos (HM). Estos materiales no solo prometen reducir las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas con la producción de cemento, sino que también revalorizan subproductos industriales al convertirlos en componentes de construcción sostenibles. Los resultados de la investigación, publicados en destacadas revistas científicas, demuestran el impacto y la relevancia de este trabajo, proporcionando una base sólida para el avance continuo hacia prácticas de construcción más sostenibles y respetuosas con el medio ambiente.