



Autora:  
Catherine Preciado Santa  
Docente

# XIV SEMINARIO INTERNACIONAL LA SOSTENIBILIDAD UN PUNTO DE ENCUENTRO

¿Cómo estamos enfrentando el cambio climático?



Acreditados  
en ALTA CALIDAD



Alcaldía de Medellín  
Distrito de  
Ciencia, Tecnología e Innovación

# DESARROLLO DE MORTEROS DE BAJO IMPACTO AMBIENTAL COMO ALTERNATIVA PARA LA DISMINUCIÓN DE LAS EMISIONES DEL SECTOR CONSTRUCTOR

Nicolás Pardo, Mgtr - Construcciones Civiles IUCMA

Kelly Quintero, Mgtr – Tecnología en Gestión Ambiental IUCMA

Sergio Arboleda, Mgtr - Construcciones Civiles IUCMA

# Agenda

- Introducción
- Metodología
- Resultados y análisis
- Impacto del desarrollo
- Conclusión
- Referencias

# Introducción

## Hacia la descarbonización de los edificios

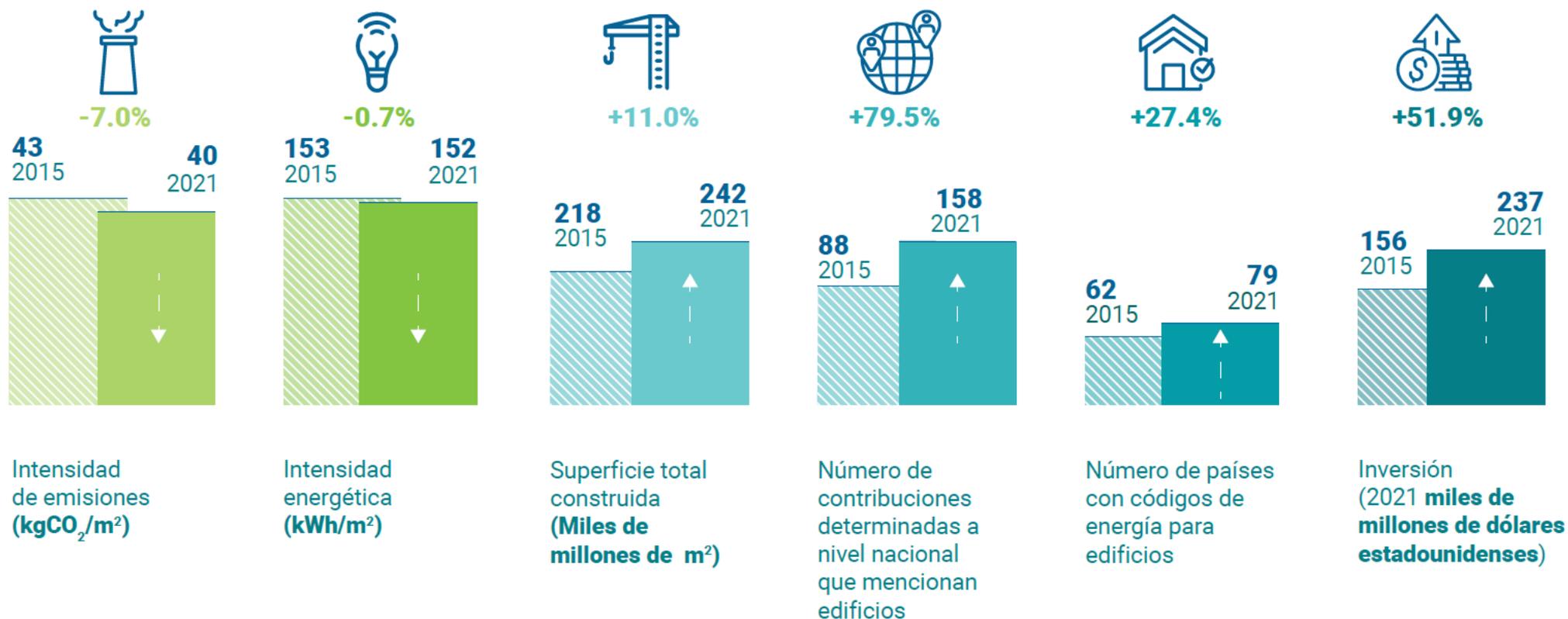


Figura 1. Principales tendencias mundiales de los edificios y la construcción entre 2015 y 2021. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2022.

# Energía en las edificaciones

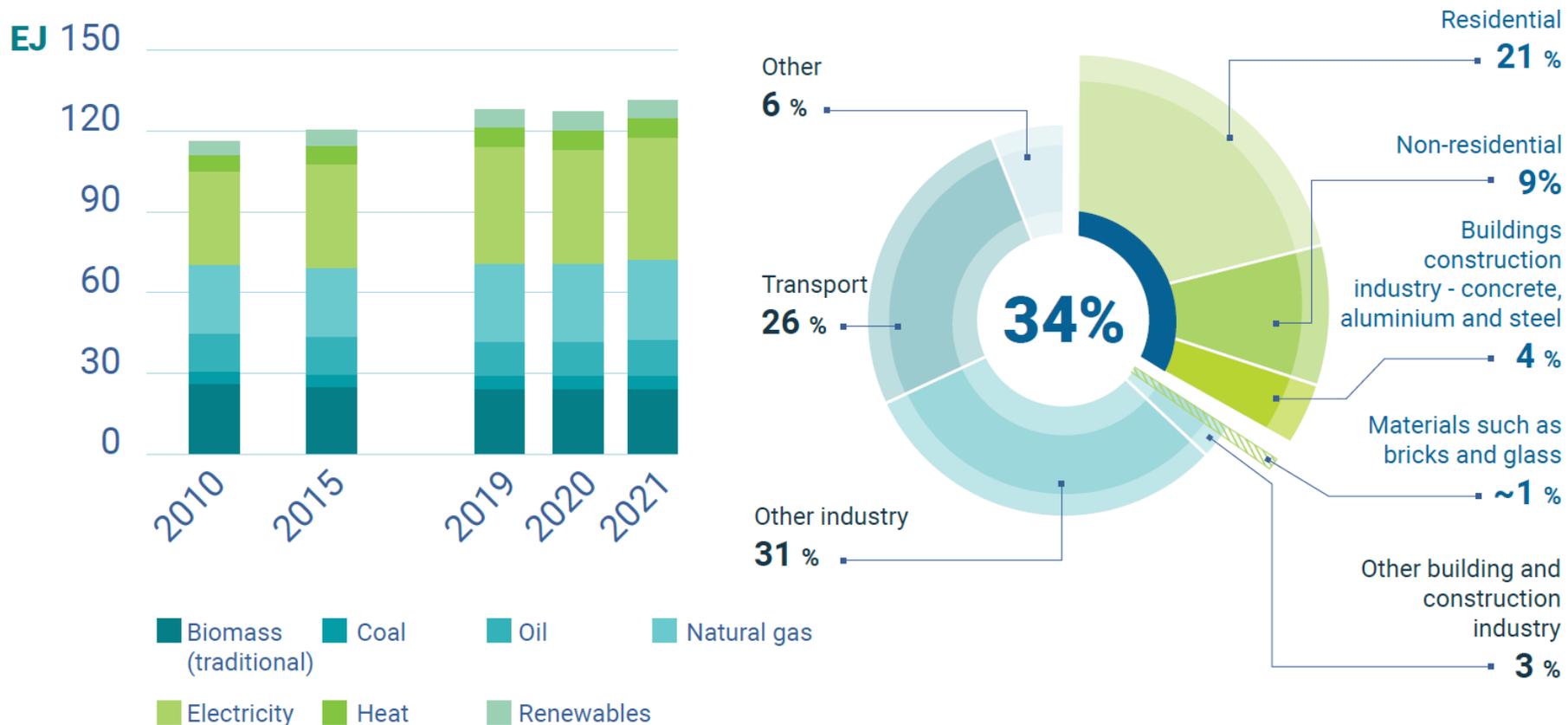


Figura 2. Consumo de energía en edificios por combustible, 2010-2021 (izquierda) y participación de los edificios en el consumo total de energía final en 2021 (derecha). Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2022.

# Emisiones en las edificaciones

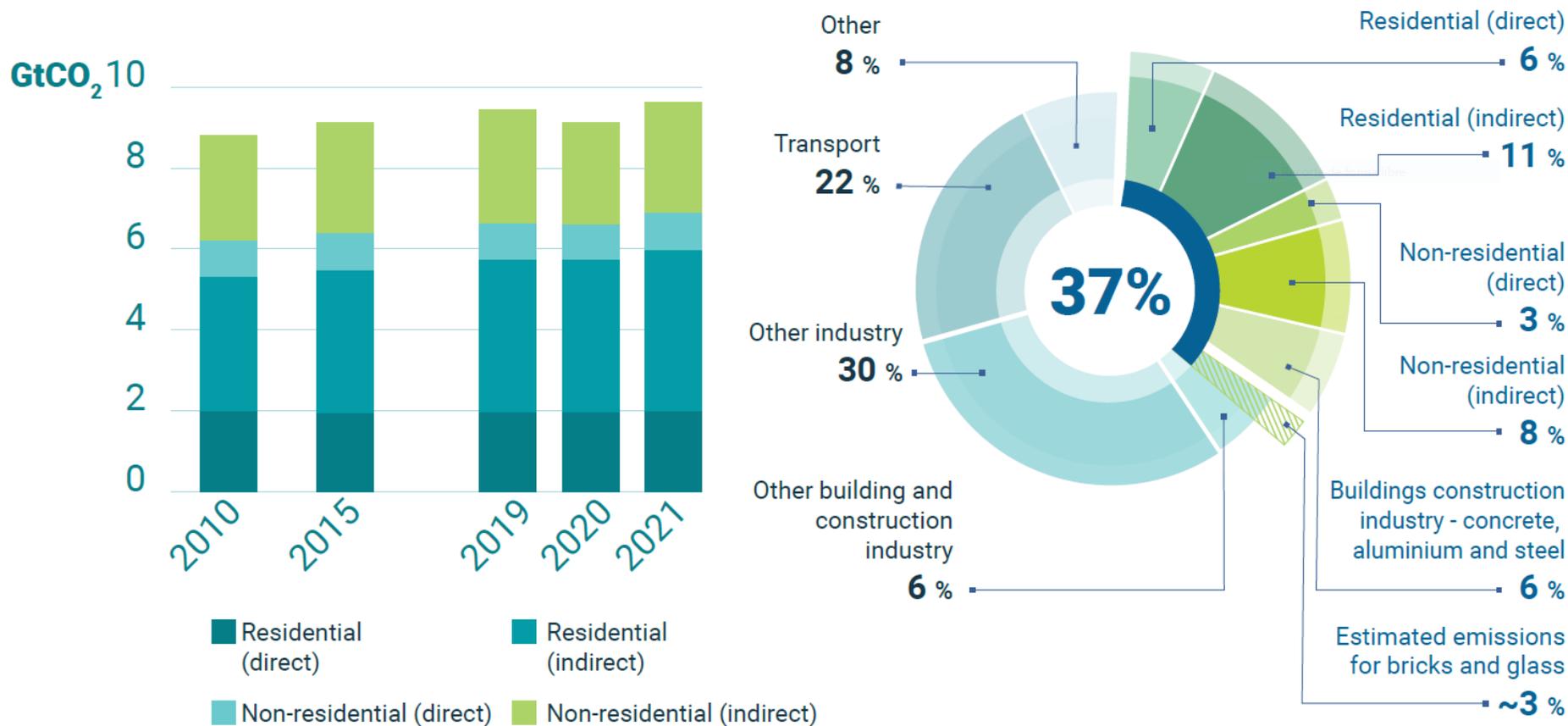


Figura 3. Emisiones de CO2 en edificios 2010-2021 (izquierda) y participación de los edificios en las emisiones globales de energía y procesos en 2021 (derecha). Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2022.

# Hoja de ruta a 2050, hacia la descarbonización

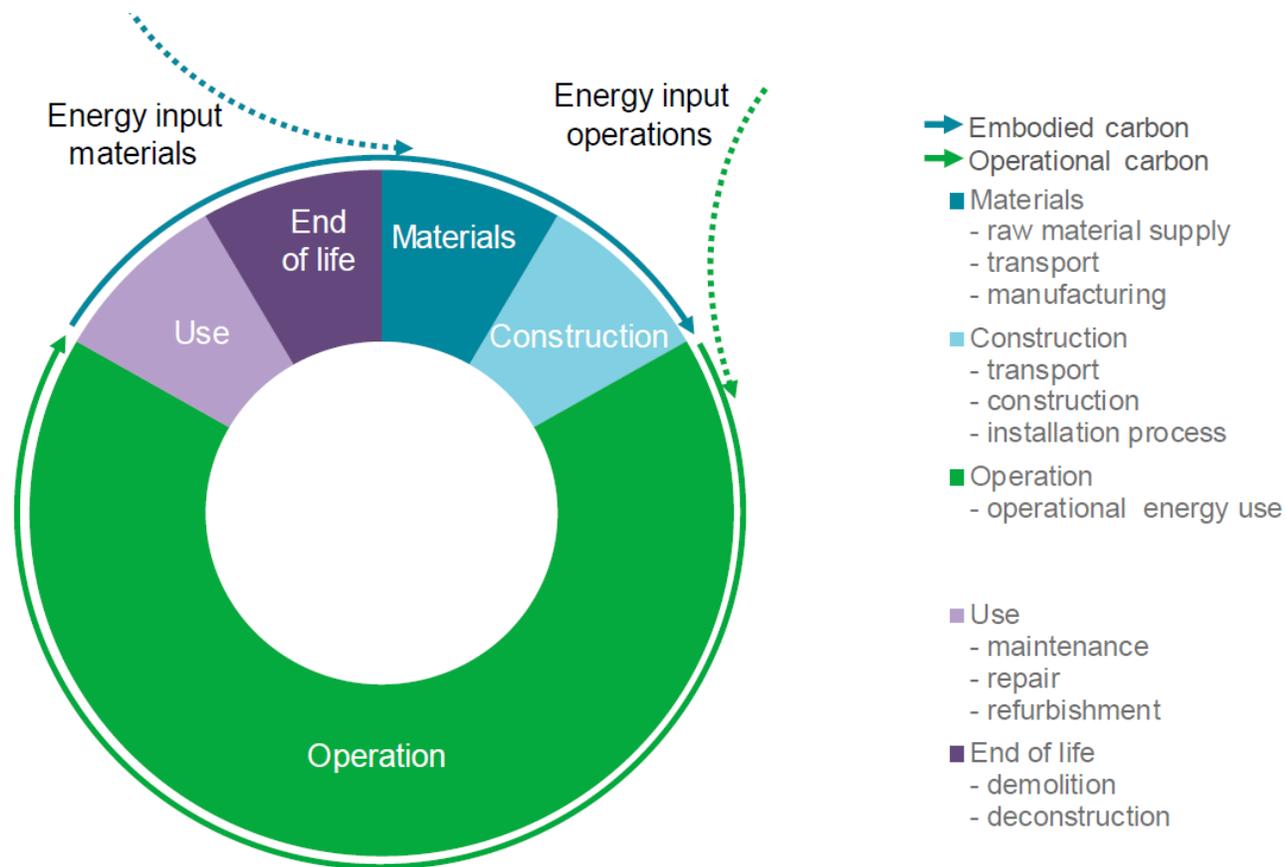


Figura 4. Carbono incorporado y operacional en el ciclo de vida de las edificaciones. IEA et al, 2020.

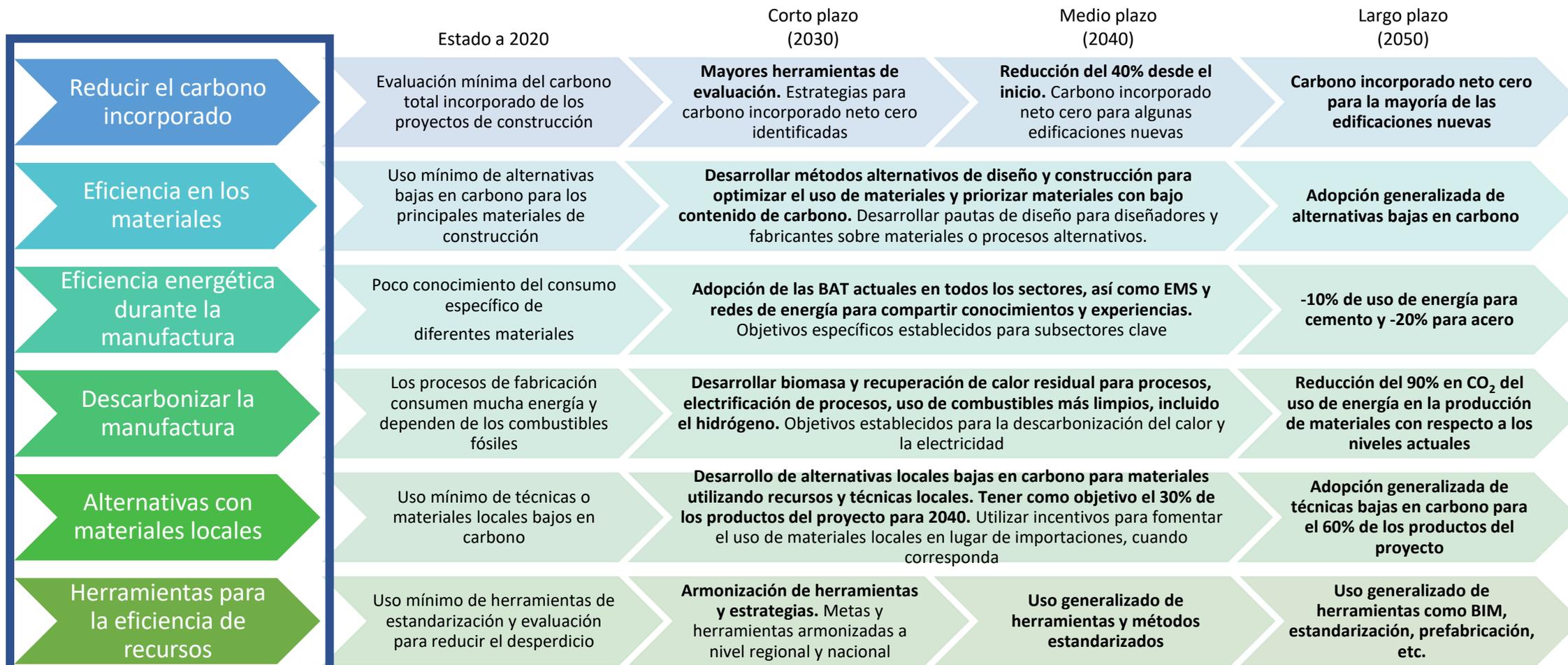


Figura 5. Cronogramas tecnológicos para materiales en América Latina. IEA et al, 2020.

# Materiales y clima para construir un nuevo futuro

	<b>Responsables de políticas</b> 	<b>Inversores financieros + Desarrolladores</b> 	<b>Fabricantes, Constructores + Especialistas en manejo de residuos</b> 	<b>Arquitectos, Ingenieros + Ocupantes</b> 
 <b>DESIGN</b>	Aplicar códigos de construcción basados en el rendimiento / Desarrollar certificaciones verdes justas y etiquetado transparente / Incentivar herramientas para un diseño basado en datos	Invertir en el diseño de materiales y componentes reciclados, reutilizados y bio-basados / Invertir en marcos de visualización de datos accesibles	Comprometerse con el desarrollo de componentes circulares / Desarrollar materiales para optimizar la reciclabilidad / Desarrollar alternativas bio-basadas	Diseñar para una vida útil más larga / Aumentar la educación en estrategias de descarbonización / Computación/diseño/optimización de materiales locales para reutilización
 <b>PRODUCTION</b>	Electrificar la red / Exigir reciclaje + Mejores Tecnologías Disponibles (MTD) / Exigir gestión forestal y de materiales / Mejorar las certificaciones	Invertir en innovación para materiales y aglutinantes de bajo carbono / Invertir en nuevos métodos de bajo carbono / Invertir en equipos de Mejores Tecnologías Disponibles	Actualizar plantas / Evitar materiales primarios / Manufactura circular + compuestos para reutilización / Compromiso con un trabajo justo	Trabajar con productores para especificar materiales circulares / Desarrollar el diseño de alternativas de biomateriales y componentes

Figura 6. ¿Quién hace qué para descarbonizar los materiales? Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2023.



- Mejorar la rehabilitación de canteras y la restauración de la biodiversidad en los paisajes.
- **Reducir la proporción de clínker en el cemento utilizando materiales alternativos.**
- Utilizar agregados reciclados.
- Electrificar los hornos y utilizar fuentes de electricidad renovable.
- Integrar la captura y almacenamiento de carbono para proporcionar mayor resistencia.
- Minimizar residuos con un diseño computacional para desmontaje y reutilización.
- **Reducir al mínimo los residuos y las emisiones en el lugar mediante la prefabricación.**
- Educar a los profesionales del diseño de edificios en eficiencia y optimización de materiales.
- **Desarrollar normas y códigos de construcción que requieran concreto modular.**
- Incentivar la renovación en lugar de la demolición y promover códigos de construcción para materiales reciclados.

Figura 7. Estrategias de descarbonización por material: El concreto. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2023.

# Proyecto acelerador de edificaciones Neto Cero Carbono

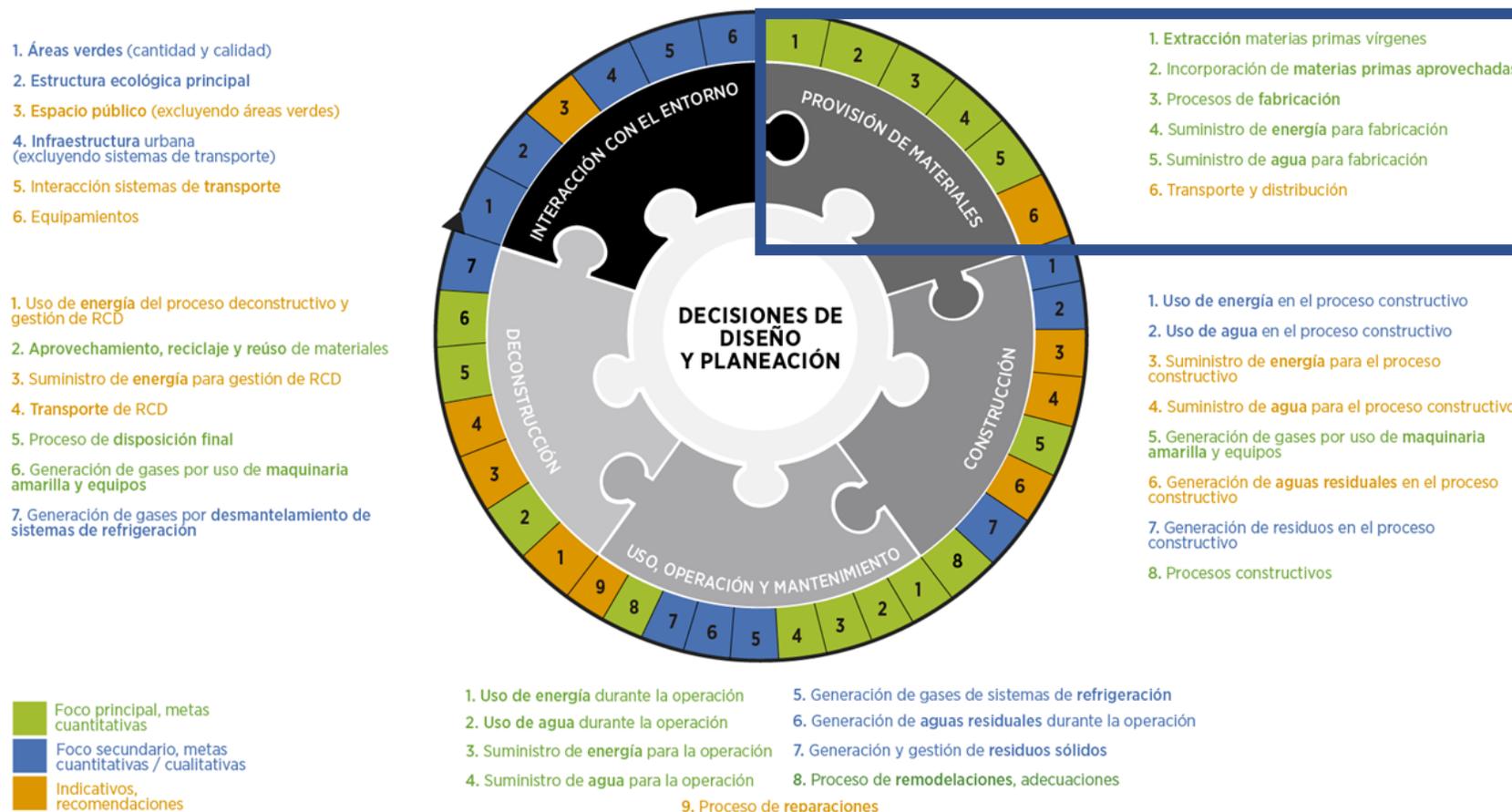


Figura 8. Distribución de emisiones de CO<sub>2</sub> en el ciclo de vida de las edificaciones. CCCS et al, 2022.

# Metodología

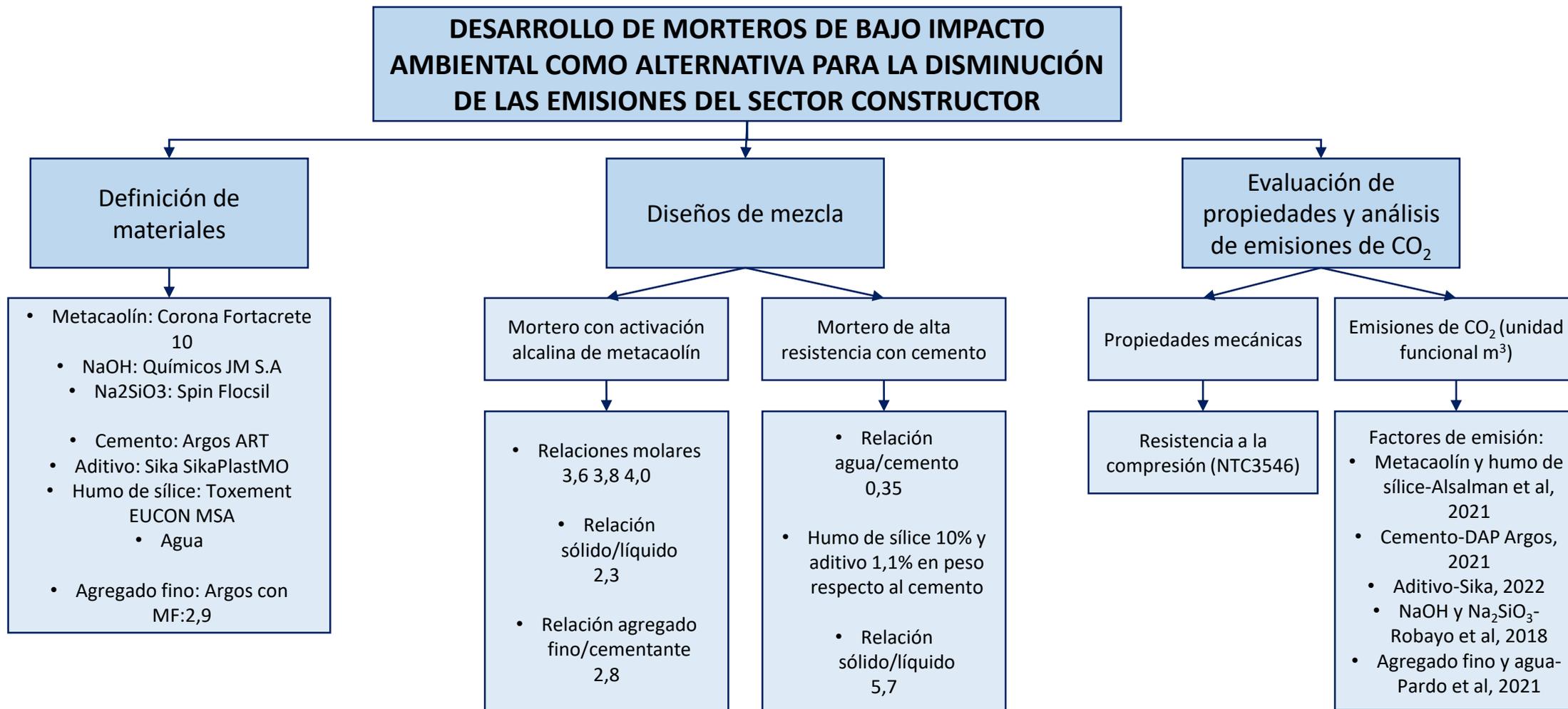


Figura 9. Diagrama metodológico.

# Resultados y análisis

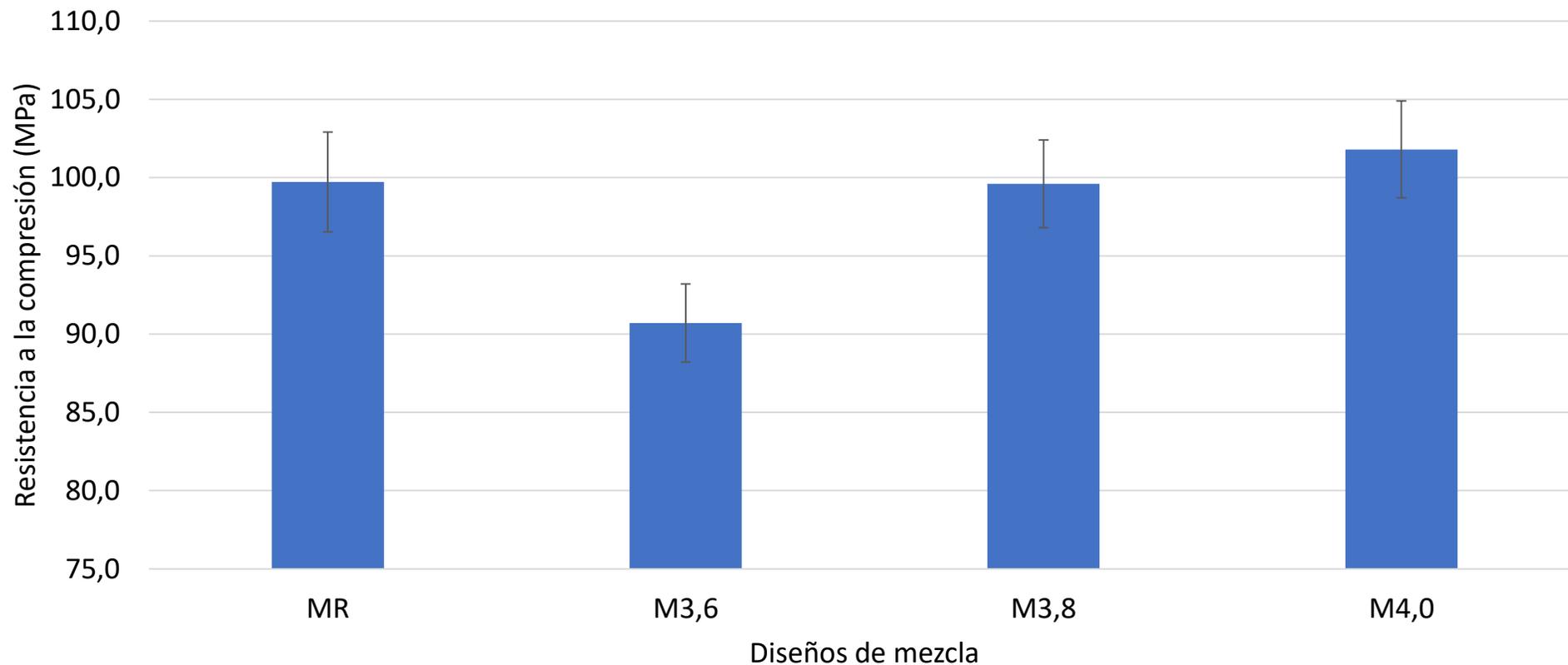


Figura 10. Resistencia a la compresión (MPa) para los diseños de mezcla.

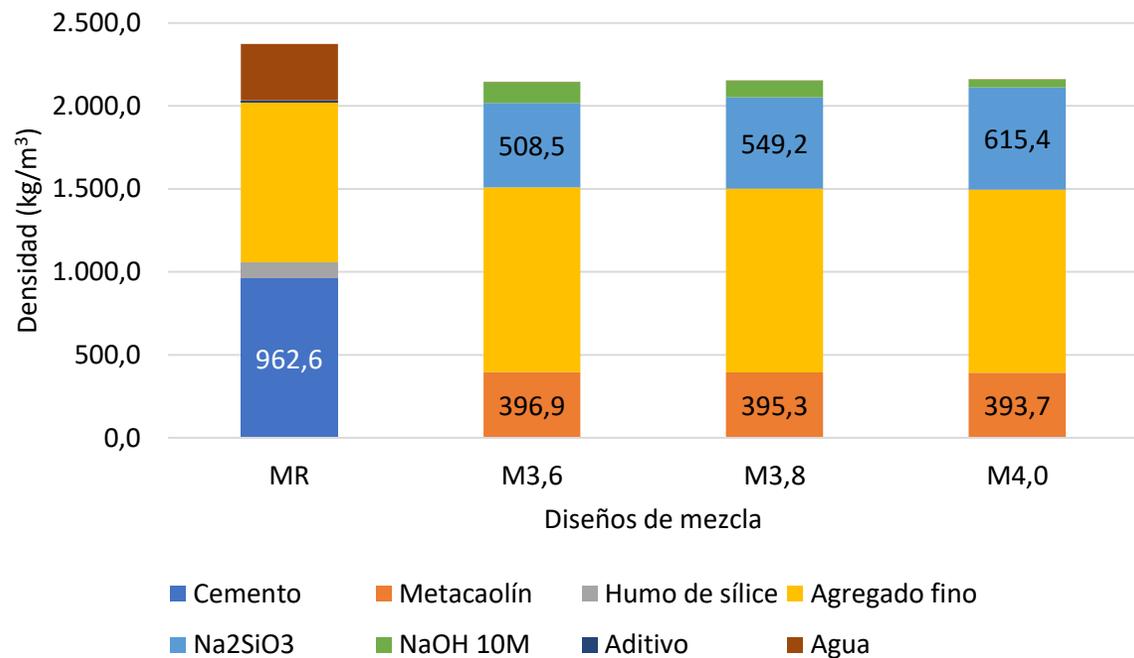


Figura 11. Densidad (kg/m<sup>3</sup>) para los diseños de mezcla..

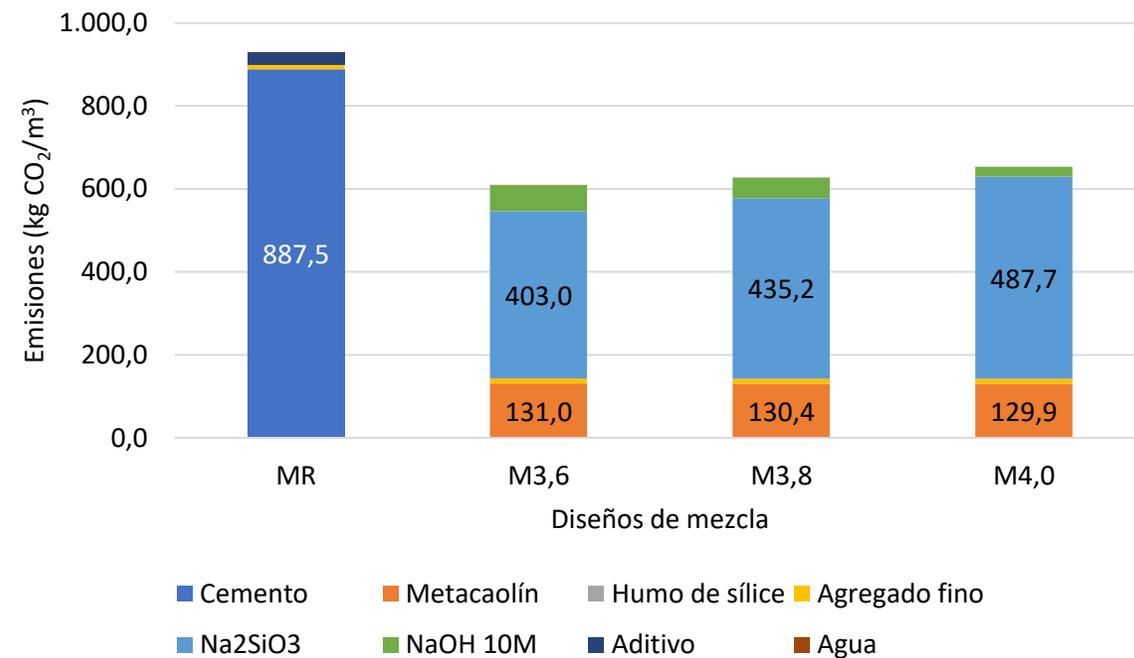


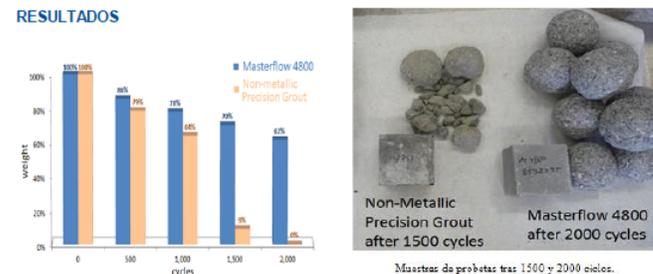
Figura 12. Emisiones por metro cúbico (kg CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>) para los diseños de mezcla.

# Impacto del desarrollo

## MasterFlow 4800

Mortero fluido sin retracción, con agregado metálico de ultra altas prestaciones resistentes frente cargas puntuales, impactos y vibraciones.

### RESULTADOS



Datos Técnicos		
Características	Valores	
Densidad del mortero amasado:	aprox. 2,6 g/cm <sup>3</sup>	
Agua de amasado (consistencia fluida):	aprox. 2,5 litros/saco de 25 Kg	
Espesores aplicables:	de 20 a 150 mm	
Tiempo de trabajabilidad:	aprox. 45 minutos	
Tiempo de maduración:	aprox. 5 minutos	
Tª de aplicación (soporte y material):	de +2°C a +35°C	
Módulo de Elasticidad Estático (EN 13412)	>40 kN/mm <sup>2</sup>	
Módulo de Elasticidad Dinámico (RILEM SIF DAFStb)	>35 kN/mm <sup>2</sup>	
Adhesión al hormigón (EN 13687-1)	>2,0 N/mm <sup>2</sup>	
Resist. Compresión (EN 196-1)	a +20°C Tras 1 día: aprox. 60 N/mm <sup>2</sup> Tras 7 días: aprox. 90 N/mm <sup>2</sup> Tras 28 días: aprox. 100 N/mm <sup>2</sup>	a +2°C aprox. 30 N/mm <sup>2</sup> aprox. 90 N/mm <sup>2</sup> aprox. 100 N/mm <sup>2</sup>
Resist. Flexotracción (EN 196-1)	Tras 1 día: aprox. 9 N/mm <sup>2</sup> Tras 7 días: aprox. 12 N/mm <sup>2</sup> Tras 28 días: aprox. 16 N/mm <sup>2</sup>	aprox. 5 N/mm <sup>2</sup> aprox. 12 N/mm <sup>2</sup> aprox. 16 N/mm <sup>2</sup>

Los tiempos de endurecimiento están medidos a 20°C y 65% de H.R. Temperaturas superiores y/o H.R. inferiores pueden acortar estos tiempos y viceversa. Los datos técnicos reflejados son fruto de resultados estadísticos y no representan mínimos garantizados. Si se desean datos de control pueden solicitarse las "Especificaciones de venta" del producto a nuestro Departamento Técnico.

Figura 13. Comparación con producto comercial Sika MasterFlow 4800 de 100 MPa de resistencia a la compresión a los 28 días.

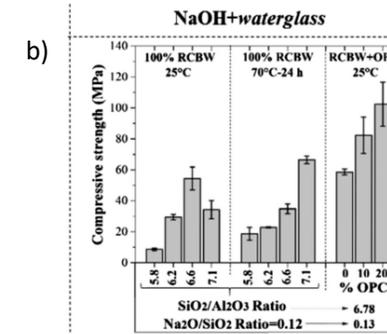


Figura 14. a) Esquema metodológico, b) Resistencia a la compresión de RCD activados con NaOH y waterglass y c) Prototipos de materiales de construcción (ladrillos rojos de arcilla - RCBW, residuos de hormigón -CW y residuos de vidrio – GW, waterglass - Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>). Robayo-Salazar, 2017.

# Conclusión

La investigación demuestra que los morteros con activación alcalina pueden sustituir mezclas a base de cemento y reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> en aplicaciones como anclajes de altas prestaciones y para maquinaria con necesidad de altas resistencias mecánicas, contribuyendo de esta manera desde el sector constructor a la mitigación del cambio climático con estructuras más resilientes, duraderas, ligeras y de menor impacto ambiental. En adición, estas mezclas presentan un elevado potencial en otras aplicaciones como los materiales prefabricados. En este sentido, continuar con la investigación con la inclusión de agregados gruesos y/o modificaciones en las relaciones molares, por ejemplo, puede permitir el ingreso de estos materiales en diferentes mercados.

# Referencias

- Alsalman, A., Assi, L. N., Kareem, R. S., Carter, K., & Ziehl, P. (2021). Energy and CO2 emission assessments of alkali-activated concrete and Ordinary Portland Cement concrete: A comparative analysis of different grades of concrete. *Cleaner Environmental Systems*, 3. <https://doi.org/10.1016/j.cesys.2021.100047>
- ASTM International. (2021). *ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION PORTLAND CEMENT*.
- Bowen, F., Jiesheng, L., Jing, W., Yaohua, C., Tongtong, Z., Xiaoming, T., & Zhengguang, S. (2022). Investigation on the impact of different activator to solid ratio on properties and micro-structure of metakaolin geopolymer. *Case Studies in Construction Materials*, 16. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01127>
- Global Cement and Concrete Association. (2020). *Cement and concrete around the world*. <https://gccassociation.org/concretefuture/cement-concrete-around-the-world/>
- Hasanbeigi, A. (2021). *Global Cement Industry's GHG Emissions*. Global Efficiency Intelligence, LLC.
- IEA, UNEP, & Global Alliance for Buildings and Construction. (2022). *2022 Global Status Report for Buildings and Construction. Towards a Zero-emission, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector*.
- Pardo Álvarez, N. S., López Castaño, D. J., & Rico Pérez, M. A. (2021). Inclusión de concretos sostenibles en el cumplimiento de la Resolución 0472 de 2017 y la disminución de emisiones del sector constructor colombiano: Análisis de materiales. *Revista Logos, Ciencia & Tecnología*, 14(1), 76–85. <https://doi.org/10.22335/rlct.v14i1.1510>
- Perez-Cortes, P., & Escalante-Garcia, J. I. (2020). Design and optimization of alkaline binders of limestone-metakaolin – A comparison of strength, microstructure and sustainability with portland cement and geopolymers. *Journal of Cleaner Production*, 273. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123118>
- Robayo-Salazar, R., Mejía-Arcila, J., Mejía de Gutiérrez, R., & Martínez, E. (2018). Life cycle assessment (LCA) of an alkali-activated binary concrete based on natural volcanic pozzolan: A comparative analysis to OPC concrete. *Construction and Building Materials*, 176, 103–111. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.05.017>
- Shilar, F. A., Ganachari, S. V., Patil, V. B., Neelakanta Reddy, I., & Shim, J. (2023). Preparation and validation of sustainable metakaolin based geopolymer concrete for structural application. *Construction and Building Materials*, 371. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.130688>
- SIKA. (2022). *ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION SIKA CONCRETE ADMIXTURES AND CEMENT ADDITIVES*.
- United Nations Environment Programme. (2023). *Building Materials and the Climate: Constructing a new future*. Nairobi.
- Yurt, Ü., & Bekar, F. (2022). Comparative study of hazelnut-shell biomass ash and metakaolin to improve the performance of alkali-activated concrete: A sustainable greener alternative. *Construction and Building Materials*, 320. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.126230>
- Zhang, P., Kang, L., Zheng, Y., Zhang, T., & Zhang, B. (2022). Influence of SiO<sub>2</sub>/Na<sub>2</sub>O molar ratio on mechanical properties and durability of metakaolin-fly ash blend alkali-activated sustainable mortar incorporating manufactured sand. *Journal of Materials Research and Technology*, 18, 3553–3563. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2022.04.041>