

Evaluación de Tecnologías para Sistemas Estructurales de Concreto Impreso en 3D: Experiencia del CiTeC Holcim México y perspectivas para Colombia

Luna Gabriela Amézquita Guerra – luna.amezquita@usantoto.edu.co – Especialización en estructuras – Ing. Ángel Francisco Daza Pinzón - Universidad Santo Tomás, Seccional Tunja.

RESUMEN

En el marco de la Misión Académica Internacional a México, se realizó una visita técnica al Centro de Innovación Tecnológica para la Construcción (CiTeC) de Holcim, en Toluca, México donde se observaron desarrollos en impresión 3D de concreto para elementos estructurales, laboratorios móviles de control de calidad y aplicaciones de IA en el análisis estructural. Este proyecto sintetiza la experiencia y analiza su aplicabilidad en la ingeniería estructural colombiana, contrastando las tecnologías del CiTeC con desarrollos ya existentes en Colombia como las impresoras 3D de Cementos Argos y de Conconcreto e identificando los vacíos normativos de la NSR-10 frente a estas tecnologías, con el fin de obtener recomendaciones técnicas para su adopción gradual en proyectos estructurales colombianos.

ESTADO DEL ARTE

La implementación de impresión en concreto 3D ha tenido un fuerte crecimiento en el sector de la construcción, pasando de elementos arquitectónicos al ámbito estructural gracias a los avances en automatización, reología y adherencia entre capas del concreto (Buswell et al.,2018). A nivel de Colombia, Argos junto con la UNAL [1] y Conconcreto [2] han desarrollado prototipos de vivienda, mientras el CiTeC de Holcim México ha integrado laboratorios móviles e IA para control de calidad. Sin embargo, la NSR-10 colombiana aún no incluye normativa para su diseño y control.



Imagen. Impresión 3D. Casa impresa en concreto en el municipio de La Unión, Antioquia. Fuente: Cementos Argos



Imagen. Portería del parque industrial Logika Siberia, Cundinamarca. Fuente: Conconcreto.

PROBLEMA Y PERTINENCIA

Aunque en Colombia existen desarrollos de impresión 3D en concreto para vivienda, la normativa NSR-10 aún no establece lineamientos para el diseño, verificación estructural y control de calidad de estos elementos, lo que genera incertidumbre sobre su desempeño sismorresistente. Además, el control de calidad continúa dependiendo de ensayos centralizados en laboratorio, limitando la toma de decisiones en obra. La experiencia en el CiTeC mostró que los laboratorios móviles y la inteligencia artificial representan una alternativa para realizar controles en sitio y predecir propiedades del concreto, optimizando la calidad del mismo.

METODOLOGÍA

1. Alcance del estudio: Investigación de tipo documental y experimental con enfoque cualitativo y comparativo.

2. Recolección de información:
2.1 Revisión documental científica y normativa.
2.2 Observación directa en la visita al CiTeC de Holcim México.

4. Análisis y recomendaciones: Revisar los vacíos normativos de la NSR-10 y elaborar recomendaciones para el control de estos procesos.

3. Comparación tecnológica: Análisis comparativo entre desarrollos tecnológicos de México y Colombia.



OBJETIVOS

Objetivo General

Sintetizar la experiencia adquirida en el CiTeC de Holcim (México) sobre sistemas de concreto impreso en 3D, laboratorios móviles y uso de IA en el análisis estructural, para analizar su aplicabilidad y las adaptaciones normativas requeridas en Colombia.

Referencias: [1] Cementos Argos (2025). Casas 3D en La Unión, Antioquia. argos.co - [2] Conconcreto (2021). Primera impresora 3D gran formato de concreto en Colombia. conconcreto.com - [3] Holcim México. CiTeC Impresión 3D. holcim.com.mx - [4] Publimetro México (2026). Así se innova en Toluca para construir con menor huella ambiental. - [5] ISO/ASTM 52939:2023, estándar internacional para construcción automatizada con impresión 3D. - [6] Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, Título C Concreto Estructural. - [7] Buswell, R.A., Leal de Silva, W.R., Jones, S.Z., Dirrenberger, J. (2018)

Objetivos Específicos

- ✓ Describir los sistemas de impresión 3D, laboratorios móviles y herramientas de IA observados en el CiTeC de Holcim México.
- ✓ Comparar las tecnologías del CiTeC con los desarrollos existentes en Colombia en aspectos técnicos, constructivos y normativos.
- ✓ Proponer recomendaciones para la adopción de la impresión 3D, los laboratorios móviles y la IA en proyectos colombianos en el marco de la NSR-10.

APLICACIÓN EN COLOMBIA

Comparación de Tecnologías

ASPECTO	MEXICO	COLOMBIA
Impresión 3D	CiTeC Holcim, referente latinoamericano [3].	Impresora Argos-Universidad Nacional (viviendas piloto en La Unión, Antioquia, 63 m², 2025) [1] e impresora de gran formato de Conconcreto, en operación desde 2016 [2].
Laboratorio móviles	Red de 6 laboratorios móviles del CiTeC, con más de 90 métodos de ensayo [4].	Control de calidad aún centralizado en laboratorio, sin antecedentes reportados de despliegue móvil en obra.
Marco Normativo	La ISO/ASTM 52939:2023 valida el diseño, la resistencia y el control de calidad de elementos estructurales impresos en 3D [5].	La NSR-10, Título C (Concreto Estructural), no incluye disposiciones específicas para concreto impreso en 3D [6].
RESULTADOS OBTENIDOS	De acuerdo con los resultados obtenidos se puede observar que Colombia posee desarrollos significativos en la impresión en 3D de concreto, pero aún existen brechas normativas y metodológicas frente al uso de este método constructivo. Además, la falta de implementación de laboratorios móviles que permitan la aceleración de toma de decisiones in campo y en el uso de referencias internacionales para estandarizar los requisitos mínimos de calidad y sismoresistencia en la NSR-10.	



Recomendaciones en el contexto colombiano

- Adoptar la ISO/ASTM 52939:2023 como referencia técnica transitoria, mientras la Comisión Asesora desarrolla un capítulo específico de la NSR-10 para concreto impreso en 3D [5][6].
- Incorporar laboratorios móviles de control de calidad en obra para agilizar la verificación de resistencia y curado, replicando el modelo del CiTeC [4].
- Explorar la IA como apoyo mas no reemplazo del criterio del ingeniero estructural, para la detección de defectos de impresión y la predicción del comportamiento sísmico.

CONCLUSIONES

- Colombia ya ha iniciado a usar tecnología en impresión 3D de concreto, pero carece de un marco normativo específico bajo la NSR-10 que respalde su uso estructural y cumplimiento sismorresistente.

- Los laboratorios móviles y las herramientas de IA pueden reducir tiempos de control de calidad y apoyar el análisis estructural, sin sustituir el criterio profesional del ingeniero.
- La ISO/ASTM 52939:2023 ofrece una base técnica internacional que Colombia puede tomar como referencia mientras se formaliza un capítulo propio en la NSR-10.