

# CONCRETO

## LATINOAMÉRICA

VOLUMEN VII | NÚMERO 2 | FEBRERO 2026

Convocatoria de Propuestas:  
Premios ACI a la Excelencia en  
Construcción con Concreto



El presente número de la Revista Digital Concreto Latinoamérica es un esfuerzo de los Capítulos o Secciones del American Concrete Institute (ACI) en Latinoamérica, para poner al alcance de sus miembros y afiliados los contenidos que el ACI International publica en su revista Concrete International en inglés.

## Representantes de los Capítulos ACI de Latinoamérica:

### Argentina

Dr. Raúl Bertero

### Colombia

Dra. Nancy Torres Castellanos  
Dr. Fabián Augusto Lamus Báez

### Costa Rica

Ing. Minor Murillo Chacón

### Ecuador Centro y Sur

Ing. MSc. Santiago Vélez Guayasamín

### Guatemala

Ing. Xiomara Sapón Roldán  
Ing. Luis Álvarez Valencia

### México Noreste

Dr. Alejandro Durán Herrera

### México Noroeste

Ing. Raúl Alvarado Barbachano

### México Centro y Sur

Mtro. Sergio Valdés Constantino

### México Sureste

Mtro. Josseph Eli Mandujano Zavala

### República Dominicana

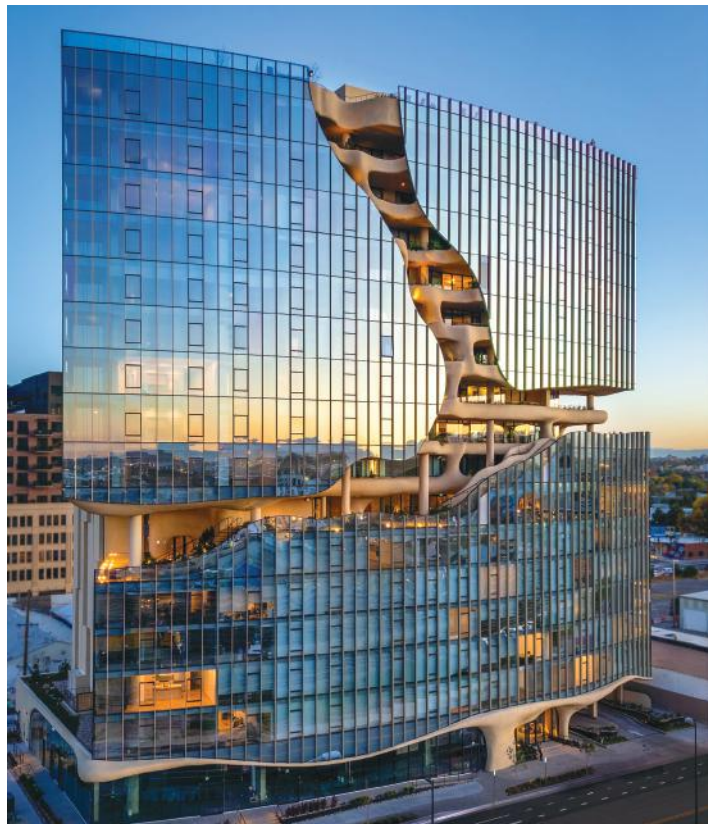
Ing. Piero Roberto Caputo Rodríguez

### Perú

Ing. Julio Antonio Higashi Luy

### Puerto Rico

Ing. Anabel N. Merejildo



El Instituto de Postensado de los Estados Unidos (PTI por sus siglas en inglés) anunció los proyectos ganadores para los Reconocimientos PTI 2025.

Estos premios reconocen proyectos excepcionales de todo el mundo que demuestran innovación, complejidad, rentabilidad y estética en el diseño y construcción con concreto postensado.

El premio al Proyecto del año 2025 fue otorgado al edificio One River North, en Denver, Colorado, EE. UU. Torre residencial de 16 niveles y 187 apartamentos que muestra aplicaciones avanzadas de concreto postensado. El diseño incorpora imágenes de los desfiladeros de las montañas de forma compleja y ondulada que requirió soluciones geométricas no convencionales y supuso un gran avance técnico en la integración de sistemas de postensado de alto desempeño en un contexto de rascacielos multiuso.

Más información en el artículo 2 de este ejemplar de la revista Concreto Latinoamérica.

Los contenidos de los artículos corresponden a la traducción del inglés al español realizada por los Capítulos del ACI en Latinoamérica, y fueron originalmente publicados en la revista Concrete International correspondiente al mes de Febrero de 2026. El Instituto no se hace responsable por las declaraciones u opiniones expresadas en sus publicaciones. Las publicaciones del Instituto no pueden ni pretenden suplantar el entrenamiento técnico individual, responsabilidad o juicio del usuario o de quien provee y presenta la información. Con el propósito de difundir el conocimiento técnico del concreto, se autoriza la difusión de la presente edición a los Capítulos del ACI de habla hispana entre su membresía y grupos de interés, sin embargo, será necesaria la autorización del American Concrete Institute para reproducir total o parcialmente los contenidos de este número salvo que se hagan para uso personal o académico y sin fines comerciales. Todos los materiales originales en inglés, y contenidos en este número de Concreto Latinoamérica en español, están protegidos por las leyes de Derechos de autor y propiedad industrial, tanto nacionales como internacionales.

# COMITÉ EDITORIAL

Cualquier asunto relacionado con la publicación contactarse a :  
Correo: concretolatam@gmail.com  
Tel: +52 81 2146 4907

## Presidente del Comité Editorial:

Dr. Alejandro Durán Herrera  
Presidente de la Sección Noreste de México del ACI (2024-2026)

## Editor en Jefe:

Ing. José Lozano y Ruy Sánchez

## Editores Asociados:

Dr. Lucio Guillermo López Yépez  
Dra. Margareth Josefina Dugarte Coll  
Dr. Francisco René Vázquez Leal

## Asesor Técnico:

Dr. Alejandro Durán Herrera

## Traducción:

Lic. Iliana M. Garza Gutiérrez

## Comité de Artículos Originales

Ing. Xiomara Sapón Roldán  
Ing. Thyssen Won Chang

## Revisión Editorial:

Lic. Iliana M. Garza Gutiérrez

## Administración y Logística:

Lic. Ana Durán Herrera

## Dirección Creativa:

MDG. Rosa Otilia Armendariz Solís

## Diseño Gráfico:

LDI. Hannia Annett Molina Frías  
LDG. Fabiola Nohemi Durán Mata

# REVISORES EDITORIALES

En este número, el Comité Editorial agradece la colaboración como Revisores Editoriales a:

Ing. José Lozano y Ruy Sánchez  
Lic. Iliana M. Garza Gutiérrez

Dr. René Francisco Vázquez Leal  
Dra. Margareth Josefina Dugarte Coll



American Concrete Institute  
*Always advancing*

# ¡Únete hoy!

Conoce tu capítulo local ACI  
300+ Capítulos profesionales y estudiantiles  
[www.concrete.org](http://www.concrete.org)



# CONTENIDO

---

## 1 Convocatoria de Propuestas: Premios ACI a la Excelencia en Construcción con Concreto

## 4 Tolerancia del Tope de Concreto en la Parte Superior de la Columna

Consideraciones para constructibilidad y productividad

*Por James Klinger, Jeremiah Mistele, Frank Salzano, Eamonn F. Connolly y Bruce A. Suprenant*

## 2 Reconocimiento a los Proyectos PTI 2025

## 5 ¿Qué sigue después del cemento Tipo IL y cómo podemos usar con éxito los cementos mezclados?

Resumen de la discusión del panel de expertos durante la sesión de tópicos relevantes realizada en la Convención de Otoño de 2025 del ACI.

*Por Eric R. Giannini, Brett A. Harris, Eric P. Koehler, M. Tyler Ley, Mohammed J. Uddin, Anis Ghanei, James J. Martinoski, y James M. Casilio*

## 3 Reencuadrando la narrativa de los rascacielos de concreto

Un análisis profundo de la curaduría de la exposición The Modern Concrete Skyscraper

*Por Rachel T. Schick y Sidra Dahhan*

## 6 Preguntas y Respuestas Conceptos Erróneos del GFRP- Parte 3



# CONVOCATORIA

## CONCRETO LATINOAMÉRICA

¿Publicar tus artículos de investigación  
y casos de estudio en nuestra revista?  
**¡Es muy fácil!**

*Descarga la Guía  
de Publicación*



¡Escanea para  
conocer los  
requisitos!

*Llena la Carta  
de Solicitud*



¡Escanea para  
completar tus  
datos!

Una vez lista tu solicitud, fírmala y envíala a la Revista Concreto Latinoamérica a través del correo [concretolatam@gmail.com](mailto:concretolatam@gmail.com)

Tu solicitud y artículo serán evaluados para su publicación.

## Convocatoria de Propuestas: Premios ACI a la Excelencia en Construcción con Concreto

- Estructuras de gran altura (más de 15 pisos)
- Puentes
- Infraestructura
- Reparación y restauración
- Concreto decorativo
- Construcciones planas

### Cómo nominar un proyecto para un Premio a la Excelencia del ACI

Los proyectos pueden ser nominados mediante el pago de una cuota no reembolsable de \$ 995.00 USD. Esta cuota se exime para capítulos de ACI y organizaciones afines, con una nominación por categoría.

Los proyectos nominados deben ser obras nuevas terminadas dentro de los 36 meses previos a la fecha límite de envío. Para consultar todos los criterios de elegibilidad y nominar un proyecto, visite: [www.aciexcellence.org](http://www.aciexcellence.org).

### Convocatoria 2026 – Premios a la Excelencia en Construcción con Concreto del ACI

La fecha límite para enviar propuestas es el 1 de abril de 2026. La gala anual de premiación, en la que se anunciarán los ganadores, se llevará a cabo durante la Convención de Concreto del ACI – Otoño 2026, en Atlanta, Georgia, EE. UU., el 12 de octubre de 2026.

En su 12.º año, los Premios a la Excelencia en Construcción con Concreto del ACI invitan a propietarios, equipos de proyecto, capítulos del ACI y organizaciones afines a nominar proyectos de construcción con concreto para los Premios a la Excelencia en Construcción con Concreto 2026. Estos premios reconocen proyectos excepcionales de construcción con concreto de todo el mundo por su grado de innovación, complejidad, logro y el valor que aporta el concreto como material.

### Categorías de los premios

El programa de Premios a la Excelencia en Construcción con Concreto del ACI incluye ocho categorías:

- Estructuras de baja altura (hasta tres pisos)
- Estructuras de mediana altura (de 4 a 15 pisos)



*Cúpula del Capitolio de Puerto Rico en San Juan, Puerto Rico, ganadora absoluta de los Premios a la Excelencia en Construcción con concreto 2025.*

Título original en inglés:  
Call for Entries: ACI Excellence in  
Concrete Construction Awards

**La traducción de este artículo  
correspondió al Capítulo México  
Noreste**



*Traductor:*  
**Ing. José Lozano y  
Ruy Sánchez**



*Revisora Técnica:*  
**Ing. Elissa Narro  
Aguirre**



## Reconocimiento a los Proyectos PTI 2025

El Instituto de Postensado (PTI, por sus siglas en inglés) anuncio a los ganadores de los Reconocimientos para los Proyectos PTI 2025. Estos premios reconocen proyectos excepcionales de todo el mundo que demuestran innovación, complejidad, rentabilidad y estética en el diseño y la construcción con concreto postensado (PT). Las descripciones del Reconocimiento a los Proyectos PTI 2025 se publicaron originalmente en la revista PTI Journal 2025, número 2. Para obtener más información sobre los Reconocimientos a los Proyectos PTI, incluidos los Premios al Mérito, visite [www.post-tensioning.org/events/conventions/pastconventions](http://www.post-tensioning.org/events/conventions/pastconventions). El Premio al Proyecto del Año 2025 y los Premios a la Excelencia del Proyecto PTI incluyen:

### Premio al Proyecto del Año

**One River North, Denver, Colorado, EE. UU.**

*(también galardonado con el Premio a la Excelencia en Edificios)*

One River North es una torre residencial de 16 plantas y 187 apartamentos que muestra aplicaciones avanzadas de concreto PT que mejoran la vida urbana contemporánea. El diseño incorporó los contornos de los desfiladeros de las montañas en una forma urbana compleja y ondulada. Esto requirió soluciones geométricas no convencionales y supuso un gran avance técnico en la integración de sistemas de PT de alto desempeño en un contexto de rascacielos multiuso.

El estacionamiento subterráneo de tres niveles debajo del One River North es un ejemplo de implementación estratégica del sistema de transporte público en respuesta a las limitaciones

geológicas y normativas de Denver. El alto nivel freático, junto con las restricciones impuestas por la ciudad en cuanto a la profundidad de la construcción, exigieron un diseño que conservara el máximo número de plazas de estacionamiento y, al mismo tiempo, evitara excavaciones profundas y trabajos de impermeabilización extensos. Se diseñó una losa de transferencia de PT con un espesor de 1.02 m (40 pulg.) para distribuir las cargas en las columnas altas de la torre, por encima de los niveles de aparcamiento, lo que permitió reubicar tres columnas de soporte.

El proyecto incluía voladizos amplios, con columnas de carga situadas hasta 7 m (23 pies) del borde del edificio, lo que requería que las losas se extendieran a distancias considerables con una deflexión o agrietamiento mínimos.

El diseño incorporaba escalones verticales y geometría curvilínea, con senderos exteriores escalonados y de varios niveles que requerían la coordinación entre los perfiles de los tendones y los cambios geométricos, para dar cabida a jardineras, fuentes y elementos paisajísticos pesados. Los sistemas PT de placas planas proporcionaron la flexibilidad necesaria para la colocación de columnas y los bordes de losas de forma libre. Este sistema sirvió como columna vertebral estructural para las características del cañón.

Una curvatura ascendente y un control regular de las condiciones de la obra minimizaron las desviaciones en las losas con grandes claros, lo que permitió compensarlas durante las fases de colocación y PT. Esto, junto con la colocación de tendones de alta resistencia y refuerzos tradicionales suaves, garantizó que las elevaciones de la superficie acabada se ajustaran a la intención arquitectónica.

Las losas de transferencia permitieron que las columnas de soporte del nivel superior se alinearan con los requisitos arquitectónicos y de estacionamiento de los niveles inferiores.

La permeabilidad reducida y el perfil de fisuras del concreto PT dieron como resultado una mayor durabilidad, lo que contribuyó a garantizar la longevidad y un bajo mantenimiento en los ciclos



de congelación y deshielo, lo cual era especialmente importante para los elementos exteriores expuestos de One River North.

Las losas delgadas con PT y las eficientes disposiciones de los claros redujeron significativamente el uso de material, lo que disminuyó la energía incorporada del concreto y del acero, así como los costos operativos relacionados con el peso y el tamaño de la envoltura.

Las losas PT distribuyeron las cargas impuestas por las instalaciones exteriores, con cargas de precompresión en el rango de 2 a 3 MPa (300 a 400 psi), lo que les confirió resistencia a la flexión, incluso en voladizos de grandes claros. Otro reto fue el control de la deflexión. Las losas largas en voladizo y las geometrías escalonadas requirieron un modelado avanzado de elementos finitos y una supervisión en tiempo real. Un cuidadoso arqueamiento durante las primeras fases de la construcción evitó el hundimiento y la desalineación, lo que garantizó su desempeño a largo plazo.

**Créditos del proyecto:** *Ingeniería estructural: Jirsa Hedrick Structural Engineers; propietario: The Max Collaborative; arquitectura: MAD Architects; arquitecto responsable: Davis Partnership Architects; contratista general: Saunders Construction; proveedor de postensado: Suncoast Post-Tension.*

## **Premio a la Excelencia en Aplicaciones Industriales o Especiales**

Surfside, Miami, Florida, EE. UU.

Construida en 1936, la estructura original de Surfside se erigía como emblema de las primeras ambiciones arquitectónicas costeras de la región. En 2014, fue reconocida como monumento histórico. Sin embargo, décadas de exposición al océano provocaron su deterioro estructural. El deterioro de los elementos de concreto, la corrosión del acero embebido y el hundimiento de los muros de carga supusieron importantes obstáculos para su restauración, conservando al mismo tiempo su aspecto histórico.

El ambiente marino había provocado un descascaramiento generalizado, corrosión e inestabilidad dimensional. Al mismo tiempo, era necesario rediseñar la estructura para cumplir con los estándares contemporáneos de seguridad, comodidad y funcionalidad. La conservación de la fachada ornamentada de estilo mediterráneo, con sus aberturas en arco y estuco decorativo, era innegociable.

El proyecto requirió la eliminación de columnas interiores, la adición de un estacionamiento subterráneo y la mejora de la flexibilidad espacial interior, todo ello mientras se llevaba a cabo una reubicación de la fachada que protegiera la mampostería original de posibles daños.

Al orientar las losas PT de este a oeste, los ingenieros maximizaron la altura entre el suelo y el techo para mantener las proporciones históricas del edificio y crear diseños interiores abiertos. El PT permitió eliminar las columnas internas, lo que dio como resultado espacios habitables amplios y sin columnas.

Para preservar la continuidad estructural en la dirección norte-sur, se incorporó un refuerzo de acero convencional. Antes de la reubicación de la fachada, se moldearon columnas de refuerzo con muescas junto con los muros de mampostería originales, lo que proporcionó una solución para transferir las cargas de la losa PT sin comprometer la autenticidad visual ni el cumplimiento normativo.

Una de las tareas más exigentes del proyecto fue el traslado por fases de la fachada histórica unos 46m (150 ft) para construir un nuevo estacionamiento subterráneo. El proceso, que se llevó a cabo mediante un sistema de ingeniería de rieles deslizantes temporales de concreto PT, salvaguardó la integridad estructural y estética de la frágil fachada de mampostería.

Cada viga deslizante, con una sección transversal de 0,9 x 0,9 m (3 x 3 ft), se pretensó para maximizar la rigidez y mitigar las deflexiones que podrían provocar grietas o comprometer la estructura. La estructura se elevó mediante gatos hidráulicos y, a continuación, se deslizó en tres fases controladas a lo largo de los rieles pretensados. El PT garantizó un soporte resistente a las vibraciones y un movimiento preciso, con una

supervisión estructural constante que protegía contra deformaciones o alineaciones incorrectas. Una vez finalizados los trabajos de la subrasante, toda la fachada volvió a su nueva posición sobre una losa de podio.

Los segmentos de losas se pretensaron para alcanzar los esfuerzos de diseño previstos por el modelo avanzado de elementos finitos. Se optimizó la disposición de los tendones para cumplir con las tolerancias arquitectónicas, especialmente en aquellas superficies históricas sensibles a las desviaciones.

Las operaciones de esfuerzo se llevaron a cabo desde el este, aprovechando la exposición temporal creada durante la demolición y el reacondicionamiento. Para mantener la integridad de la fachada fue necesario realizar refuerzos adicionales y cumplir tanto con la normativa local como con las normas nacionales de conservación.

**Créditos del proyecto:** *Ingeniero/diseñador: Kline Engineering & Consulting; propietario: Fort Partners; contratista de reparaciones: Structural-Builders and Restorations (S-BR); arquitecto: ODP Architecture and Design; proveedor de postensado: PTE Systems International; contratista general: John Moriarty & Associates.*



Surfside, Miami, FL, EE. UU.

## Premios al Mérito del Proyecto PTI 2025

**Premio al Mérito en Puentes:** Ampliación del sendero del río Schuylkill desde Christian Street hasta Grays Ferry Crescent, Filadelfia, Pensilvania, EE. UU. Créditos del proyecto: Contratista: PKF Mark III, Inc.; propietario: Ciudad de Filadelfia; proveedor y supervisor de

PT: DYWIDAG-Systems International USA Inc.; ingeniero responsable: AECOM; ingeniero de montaje: Janssen & Spaans Engineering, Inc.

**Premio al Mérito en Edificios:** Kō 'ula, Honolulu, Hawái, EE. UU. Créditos del proyecto: Ingeniero estructural: BASE; Arquitecto: Studio Gang; Contratista: Hawaiian Dredging Construction Company, Inc.; Propietario: Howard Hughes Holdings Inc.; Suministrador de barras de refuerzo: CMC Rebar, PT.

**Premio al mérito en Aplicaciones Industriales o Especiales:** Rodoparkki, Helsinki, Finlandia. Créditos del proyecto: Ingeniero estructural: RakenneStudio Oy/ Structural Studio Ltd.; Propietario del proyecto y contratista principal: Pohjola Rakennus Oy Suomi; Subcontratista para todos los trabajos de concreto: Helsingin Laudoitus Oy; Contratista PT: Nousujohde Raudoitus Oy; Arquitecto: Arkkitehdit Anttila & Rusanen Oy.

**Premio al mérito por estructuras de estacionamiento:** Circa Garage Mahal, Las Vegas, Nevada, EE. UU. Créditos del proyecto: Proveedor de postensados: Superior Post Tension; Propietario: 18 Fremont Street Acquisitions LLC; Arquitecto: Choate Parking Consultants, Inc.; Ingeniero estructural: Ficcadenti Waggoner and Castle Structural Engineers; Contratista general: McCarthy Building Companies, Inc.

**Premio al Mérito en Reparación, Rehabilitación y Refuerzo:** Broadway TSX, Nueva York, NY, EE. UU. Créditos del proyecto: Proveedor de pretensado: Structural Technologies/VSL; Propietario: L&L Holding Company; Contratista general: Pavarini McGovern; Arquitecto: Mancini Duffy; Ingeniero responsable: Severud Associates; Contratista de concreto: Sorbara Construction Corp./ Winco; y Contratista de postensado: Structural Technologies/VSL.

**Premio al Mérito en Losas sobre Terreno:** Instalaciones de atletismo de la Amity Regional High School, Woodbridge, Connecticut, EE. UU. Créditos del proyecto: Contratista de PT: Classic Turf Company; Propietario: Amity Regional High School; Contratista general: FieldTurf USA, Inc.; Ingeniería y arquitectura: SLR Consulting Limited; y Proveedor de PT: Builders Post-Tension.

## Premio a la Excelencia en Estructuras de Estacionamiento

Universidad Estatal de California, Los Ángeles, Estructura de Estacionamiento E, Los Ángeles, CA, EE. UU.

La Estructura del Estacionamiento E de la Universidad Estatal de California en Los Ángeles (Cal State LA) es el resultado de un enfoque de diseño y construcción altamente colaborativo y progresista. El proceso de diseño iterativo se basó en estimaciones de los costos en tiempo real, lo que permitió tomar decisiones oportunas sobre los detalles del PT y la fachada dinámica de la estructura. La geometría circular del proyecto planteó retos a la hora de alinear las vigas, las columnas y los anclajes PT dentro de una disposición no estándar. La prefabricación detallada de las formas de las vigas de acero que se ajustaban a las caras de las columnas garantizó la colocación precisa y la fijación segura de los anclajes de los tendones PT y las varillas de refuerzo en toda la estructura.

El PT sirvió como columna vertebral estructural para la estructura del Estacionamiento E, lo que permitió crear amplios espacios de estacionamiento abiertos y una instalación robusta y fácil de usar. Los cinco niveles de la estructura están contruidos con concreto PT moldeado en sitio, lo que proporciona una superficie útil de 69 213 m<sup>2</sup> (745 000 ft<sup>2</sup>), con una capacidad para más de 2200 vehículos. El estacionamiento en ángulo recto y los pasillos de doble sentido proporcionaron una distribución eficiente de 31 m<sup>2</sup> (335 ft<sup>2</sup>) por plaza, lo que se logró mediante el uso de PT para minimizar la cantidad de columnas interiores. El equipo dividió la Estructura del Estacionamiento E en dos secciones principales para minimizar las tensiones de contracción del concreto, reduciendo así las pérdidas de tensión del PT.

Los bordes facetados de las losas impusieron una disposición estructural no ortogonal, lo que planteó retos de PT en cuanto a la colocación de los tendones, el anclaje y la transferencia de fuerzas. Mediante una coordinación tridimensional (3D) detallada y el uso de cimbras prefabricadas, se alinearon con precisión las vigas y anclajes de los tendones. Se crearon características arquitectónicas nítidas, al tiempo que se garantizaron las vías de fuerza robustas y fiables necesarias para los elementos PT.

Las pasarelas elevadas integradas en el tercer nivel aprovecharon las vigas PT para crear conexiones directas y eficientes en cuanto a la carga entre la Estructura de Estacionamiento E y las estructuras adyacentes, incluida la Estructura de Estacionamiento C. Estas conexiones, junto con las rutas peatonales y los caminos vehiculares accesibles, ejemplificaron el uso de PT para maximizar la adaptabilidad estructural sin sacrificar la funcionalidad ni el desempeño.

El concreto PT permitió que la Estructura de Estacionamiento E ofreciera características avanzadas de sostenibilidad y enfocadas en el usuario al reducir el volumen de concreto. La estructura está equipada con paneles fotovoltaicos en la azotea, estaciones de carga para vehículos eléctricos ubicadas estratégicamente en varios niveles y un sistema automatizado de guía de estacionamiento que permite a los conductores encontrar rápidamente espacios disponibles.

La arquitectura en sí misma, con paneles metálicos perforados y bordes facetados activados, se basa en la capacidad del PT para dar cabida a la ambición arquitectónica, sin necesidad de utilizar una cantidad excesiva de material. Esto favorece la ventilación natural y reduce las demandas energéticas y la huella ecológica del edificio.

**Créditos del proyecto:** Ingeniero: Walker Consultants, Inc.; Arquitecto: WRNS Studio; Propietario: Universidad Estatal de California, Los Ángeles; Contratista: Rudolph and Sletten, Inc.; Proveedor de PT: Gerdau, División de Postensado.



Universidad Estatal de California, Los Ángeles, Estructura de Estacionamiento E, Los Ángeles, CA, EE. UU.



## Premio a la Excelencia en Reparación, Rehabilitación y

### Refuerzo

Plaza Landmark, Los Ángeles, CA, EE. UU.

El proyecto de la Plaza Landmark consistió en la reconfiguración de una estructura de estacionamiento de concreto PT existente, con una superficie de 8,240 m<sup>2</sup> (88 700 ft<sup>2</sup>) y cuatro niveles, para funcionar como la cimentación y plaza pública de una torre de gran altura de 34 niveles. El proyecto superó los desafíos técnicos y logísticos establecidos por la ciudad y el nuevo programa de construcción, y promovió la aplicación y la comprensión de la tecnología de PT en remodelaciones complejas.

Se planeó que la torre de lujo se elevara desde el centro del podio del estacionamiento existente. Se tuvo que modificar y reforzar una parte importante del sistema original de losas y vigas PT, manteniendo al mismo tiempo la seguridad y la funcionalidad de la estructura.

Una inspección de campo estableció la disposición real del PT, compensando las diferencias entre los planos de construcción históricos y las condiciones reales observadas en sitio. Se colocaron puntales para proporcionar un soporte temporal, seguido del destensado de los tendones PT. Se cortaron vigas seleccionadas del PT y el concreto fue cincelado para exponer los tendones existentes y volverlos a perfilar. Las vigas se colaron de nuevo con nuevos anclajes y los tendones de PT se volvieron a tensar para mejorar la continuidad y el comportamiento estructural.

El nuevo programa impuso nuevas cargas, incluyendo una plaza pública mejorada con 80 árboles de tamaño completo, un paisajismo pesado y carriles para vehículos de emergencia en la parte superior de la estructura. Estas adiciones dieron lugar a cargas muertas superpuestas que oscilaban entre 415 y 806 kg/m<sup>2</sup> (85 y 165 lb/ft<sup>2</sup>) y cargas vivas de hasta 1,221 kg/m<sup>2</sup> (250 lb/ft<sup>2</sup>) para el acceso vehicular.

Se reforzaron un total de 43 vigas de PT existentes mediante el aumento del concreto y la integración estratégica de tendones de PT adicionales de 15 mm (0.6 pulg.) de diámetro. El número de tendones nuevos por viga varió entre cinco y dieciocho.



Plaza Landmark, Los Ángeles, California, EE. UU.

Se emplearon sistemas de anclaje para el PT totalmente encapsulados en toda la estructura, lo que garantiza su desempeño a largo plazo.

Las ampliaciones de las vigas se diseñaron y aplicaron a medida, con espesores que oscilaban entre 152 y 254 mm (6 y 10 pulgadas). Esto permitió maximizar el espacio disponible y satisfacer las exigencias estructurales, lo que hizo posible llevar a cabo el refuerzo en zonas con limitaciones de espacio.

Se colocaron revestimientos de concreto con refuerzo de acero en 35 columnas, lo que proporcionó la mayor capacidad axial y de flexión necesaria para soportar las cargas de la cubierta de la plaza y la torre hasta los cimientos. El espesor del revestimiento se diseñó con un rango de 152 a 356 mm (6 a 14 pulg.), y las varillas de refuerzo verticales que tenían cabezales en el extremo instaladas directamente a través de la losa de la plaza.

Se necesitaron mejoras estratégicas en 14 cimentaciones profundas. Se construyeron ampliaciones en los cuatro lados y en la parte superior, con engrosamientos laterales de hasta los 914 mm (36 pulg.) y una adición de 305 mm (12 pulg.) en la parte superior, lo que proporcionó la capacidad compuesta requerida por la intervención en el rascacielos situado encima. Para garantizar una transferencia de carga eficaz y un comportamiento monolítico, se aseguró la interface entre el concreto nuevo y el antiguo, mediante la rugosidad de la superficie y la colocación de anclajes bien detallados.

La modificación y el refuerzo de las vigas PT se llevaron a cabo en fases planificadas para mantener la estabilidad durante toda la construcción.



**Garajes junto al circuito del Apex Motor Club, Maricopa, Arizona, EE. UU.**

En los niveles inferiores, se utilizaron estructuras de acero temporales con nuevos cimientos para sostener los extremos de las vigas en voladizo hasta que se pudieron instalar y conectar soluciones permanentes de concreto reforzado.

Se realizó un análisis avanzado de incendios para verificar que las nuevas losas fibroreforzadas con polímero (FRP), alcanzaran el índice de resistencia al fuego requerido de 2 horas. En los casos en que no fue posible mitigar el riesgo de incendio únicamente mediante el espesor pasivo de las losas, se integró una protección adicional para cumplir con la normativa.

**Créditos del proyecto:** *Propietario del Proyecto: Douglas Emmett; Arquitecto Responsable: Gensler; Ingeniero Estructural Responsable: Saiful Bouquet Structural Engineers; Contratista General: MATT Construction Corporation; Ingeniero de Refuerzo, Proveedor de Postensado y Fabricante de FRP: Structural Technologies.*

## **Premio a la Excelencia en Losas sobre Suelo**

**Garajes junto a la pista del Apex Motor Club, Maricopa, Arizona, EE. UU.**

Ocupando un terreno de más de 115 hectáreas (285 acres) en las afueras desérticas de Phoenix, Arizona, esta instalación fue diseñada para dar cabida a los aficionados apasionados por las carreras de autos y los aspectos más refinados de la cultura automovilística. El club ofrece acceso a dos circuitos de carreras, infraestructura para eventos e instalaciones sociales. Un elemento central de este proyecto fue el diseño y la construcción de garajes junto a la pista, que permiten el acceso directo a los pits.

Con más del 65% de la superficie de las instalaciones dedicada a las operaciones del sinuoso circuito y un único punto de acceso público desde el este, el espacio para funciones ajenas al circuito y para almacenamiento era limitado. Al situar los garajes privados directamente junto a la línea de pits, el proyecto aprovechó el espacio que normalmente se reserva para el apoyo a los equipos o los espectadores en los circuitos tradicionales.

Se especificó una losa de espesor uniforme de 210 mm (8,25 pulg.), reforzada con tendones PT no adheridos de 13 mm (0,5 pulg.) espaciados entre 457 y 610 mm (18 y 24 pulg.), desde el centro en ambas direcciones. Esta densa rejilla de tendones proporcionaba fuerza de compresión interna y control de grietas, distribuyendo las cargas pesadas típicas de los equipos automovilísticos, el almacenamiento de múltiples vehículos y los elevadores de vehículos anclados.

La construcción se llevó a cabo en fases planificadas. Cada losa de garaje de 15 x 91 m (50 x 300 ft) con 12 unidades se dividió en tres colocaciones, empezando por la sección central y siguiendo con las dos secciones extremas durante una sola maniobra. Los tendones se tensaron parcialmente 24 horas después de la colocación del concreto y se tensaron completamente 5 días después. Se utilizaron anclajes intermedios para acomodar la tensión secuencial y minimizar el número de colocaciones necesarias, lo que aceleró el calendario de producción y redujo las molestias generales.

Las juntas de construcción se reubicaron para que pasaran por debajo de los paneles del muro, lo que permitió que la plataforma para vehículos de cada unidad de garaje fuera una superficie contigua y sin juntas. Esto mejoró el atractivo visual y facilitó la aplicación de acabados de alto desempeño.

Los extremos de los tendones fueron acabados, tapados y recubiertos con lechada el mismo día en que se sometieron a tensión, lo que garantiza su durabilidad y protección contra la corrosión.

Para las unidades en las que se instalaron elevadores personalizados para los vehículos, después de la construcción se proporcionaron servicios de localización de tendones para garantizar la seguridad de las operaciones de perforación.

Esta coordinación permitió a los propietarios de los garajes modificar sus espacios sin riesgo de dañar el sistema de PT, preservando la integridad estructural de la losa.

**Créditos del proyecto:** *Contratista y Proveedor de Instalación de Postensado: Superior Post Tension; Propietario: APEX Motor Club; Contratista de Concreto: Amcon LLC; Ingenieros: Wright Engineers.*

Reimpreso con permiso del Post-Tensioning Institute (PTI), una organización sin fines de lucro dedicada al avance del diseño y la construcción con concrete pretensado y postensado. Para obtener más información sobre el PTI, visite [www.post-tensioning.org](http://www.post-tensioning.org).

Título original en inglés:  
**2025 PTI Project Awards**

**La traducción de este artículo  
correspondió al Capítulo México  
Noreste**



*Traductora:*  
**Lic. Iliana Margarita  
Garza Gutiérrez**



*Revisor Técnico:*  
**Dr. Alejandro Durán  
Herrera**



## Reencuadrando la narrativa de los rascacielos de concreto

Un análisis profundo de la curaduría de la exposición The Modern Concrete Skyscraper

Por Rachel T. Schick y Sidra Dahhan

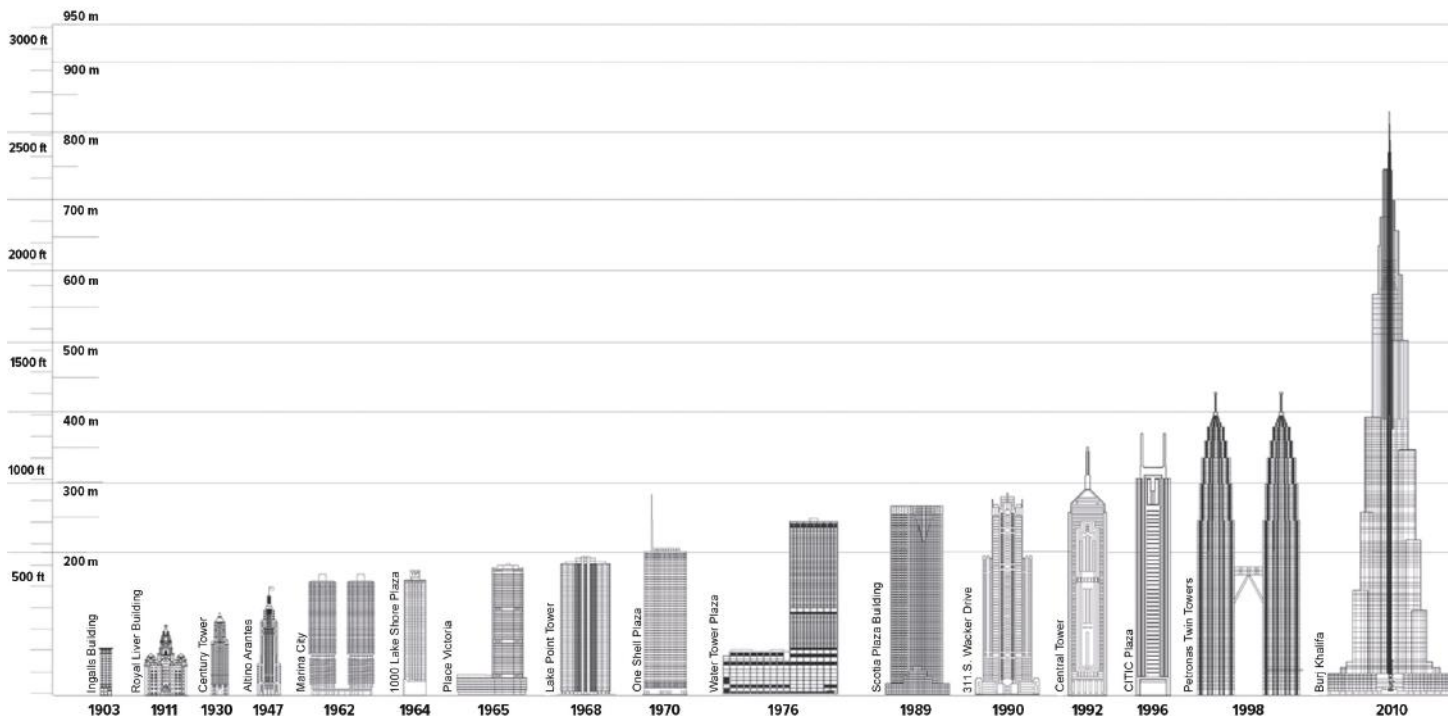
En la edición de agosto de 2025 de Concrete International, el artículo titulado “El Moderno Rascacielos de Concreto en El Museo de Rascacielos” presentó una nueva exhibición en Nueva York, orientada a reinterpretar la evolución de las estructuras de gran altura a través del enfoque del concreto reforzado. Tuvimos la oportunidad de recorrer esta exposición junto a su curadora principal, Carol Willis, fundadora y directora de The Skyscraper Museum y profesora de Estudios Urbanos en la Escuela de posgrados de Arquitectura, Planificación y Preservación de la Universidad de Columbia, en Nueva York.

Como historiadora de la arquitectura, Willis siempre se ha interesado en la biografía de los edificios, “no solo desde el punto de vista del arquitecto o del ingeniero, sino en la forma en que funcionan dentro de la ciudad y en su economía”.

Ese enfoque determinó cómo se presentó la investigación en la que se basaba la exposición.

La exposición comienza con un mural gráfico en forma de línea de tiempo de 30 pies (9.1 m) de longitud, organizado en ocho paneles que presentan capítulos significativos en la evolución de los rascacielos de concreto.

El muro que refleja esta línea de tiempo examina la construcción en concreto durante la primera mitad del siglo XX, antes de abrirse a la galería principal, que se centra en el período que va desde la segunda mitad del siglo XX hasta la actualidad y presenta casos de estudio mediante modelos estructurales y recursos multimedia. Fuimos guiados a través de la curaduría de la exposición, obteniendo una visión clara de los avances clave en la historia del rascacielos moderno de concreto.



Rascacielos de concreto más altos por año de finalización.

**El Museo del Rascacielos creó un gráfico titulado “Los edificios más altos del mundo”, que reúne todos los edificios que, de manera sucesiva, ostentaron el título del edificio más alto construido con concreto reforzado.**

## Inspiración para The Modern Concrete Skyscraper

La exposición The Modern Concrete Skyscraper es el resultado de años de investigación, que comenzaron cuando Willis identificó vacíos en la historia material de los rascacielos. “La historia del rascacielos siempre ha sido consonante con la historia del acero”, señaló Willis. “En los últimos 15 años o más, al conversar con arquitectos e ingenieros sobre sus diseños para edificios altos, se volvió muy claro para mí que el acero no era toda la historia”.

Con el tiempo, la ubicuidad del concreto como material en los rascacielos se hizo evidente para Willis, particularmente después de que The Skyscraper Museum trabajara con Skidmore, Owings & Merrill LLP (SOM) para crear una exposición sobre el Burj Khalifa, Dubái, EAU, en 2007. A través de conversaciones con el arquitecto del proyecto, Adrian Smith, y el ingeniero estructural, William Baker, la singular estructura del Burj Khalifa se materializó como una historia de concreto más que de acero.

A lo largo de años de realización de exposiciones y colaboración con profesionales de la industria, Willis observó además cómo el concreto ha emergido como el material dominante para los edificios altos diseñados en la actualidad, en particular los rascacielos de gran altura. “Necesitamos una historia del rascacielos que tenga un hilo conductor que comience con los edificios más altos del mundo hoy y con el material dominante para los edificios altos hoy, el concreto, y que encuentre un linaje, una narrativa que llegue hasta ese punto”, afirmó Willis. “No existía una historia del concreto mientras el acero era el material dominante”.

Si bien la investigación académica sobre la historia del concreto ha sido explorada, la exposición se centra en el período que rodea la invención del concreto reforzado, que ocurrió de manera concurrente con la emergencia del acero como material estructural principal. A través de la exposición, Willis y el curador invitado Thomas Leslie, profesor de Arquitectura en la Universidad de Illinois en Urbana-Champaign (Urbana, Illinois, EE. UU.), buscaron completar las décadas faltantes de esta historia, aportando nuevas investigaciones que ayuden a construir una narrativa clara del concreto, tanto para ellos como para el público. “Le dije a mi colega, Tom

Leslie, que debíamos elaborar una historia del concreto que condujera hasta el presente, sin excluir al acero del panorama ni argumentar la primacía del concreto, sino rellendo esos vacíos a lo largo de las décadas, especialmente desde la década de 1910 hasta la de 1960, cuando el concreto ‘sale a la luz’ “.

Una pieza central de la exposición es un diagrama de las estructuras de concreto más altas del mundo, alineadas según su año de finalización. “Nadie había alineado los edificios en una gráfica que mostrara solo edificios de concreto”, señaló Willis. Antes de la inauguración de la exposición, The Skyscraper Museum organizó un ciclo de conferencias en línea vinculado a la temática de la muestra para mantener activas las conversaciones durante la pandemia de COVID-19.

“No era posible realizar las conferencias junto con la exposición, así que hicimos las charlas antes de la muestra, lo que resultó ser una oportunidad realmente excelente, como una clase invertida, en la que primero se realizan las lecturas y el debate, y luego viene la conferencia”, explicó Willis. “Las conferencias nos permitieron filtrar el material y seleccionar los edificios clave [presentados en la exposición].”

Ingenieros, arquitectos y académicos, incluidos Leslie y Baker, expusieron sobre experimentos clave en la construcción con concreto y sobre cómo las propiedades estructurales del material se han aplicado en proyectos como Marina City en Chicago, Illinois; la Torre Pirelli en Milán, Italia; One Shell Plaza (actualmente 910 Louisiana) en Houston, Texas, EE. UU.; y Place Victoria en Montreal, Quebec, Canadá.



**Modelo del Burj Khalifa, Dubái, EAU. Un avance tecnológico clave que permitió la construcción de algunos de los rascacielos más altos del mundo, incluido el Burj Khalifa, es el sistema de núcleo arriostrado (buttressed core system).**



**Modelo de las Torres Petronas en Kuala Lumpur, Malasia. La disponibilidad del concreto y sus propiedades adaptables fueron factores clave para su adopción a nivel internacional.**

## Temas emergentes de la exposición

Al crear *The Modern Concrete Skyscraper*, los curadores tenían objetivos claros que querían reflejar a través de la exposición. Willis y Leslie buscaban cuestionar la narrativa tradicional centrada en el acero sobre la evolución de los rascacielos y clarificar el papel del concreto en la conformación de los entornos urbano modernos. A medida que la exposición fue tomando forma, surgieron temas adicionales a partir de la investigación.

## Avances en la tecnología del concreto

Uno de los temas más destacados de la exposición es cómo los avances tecnológicos en la construcción de rascacielos de concreto han abierto el camino para los rascacielos más altos contemporáneos y los hitos urbanos a escala global. Según el sitio web de la exposición, “una de las innovaciones clave en el diseño de rascacielos en la década de 1960 fue el concepto del tubo, en el que la estructura se concentra en el muro exterior o en las columnas perimetrales, convirtiendo al edificio, en efecto, en una gran columna hueca capaz de resistir las cargas de gravedad y viento”.

Avanzando hacia las décadas de 1990 y 2000, la construcción esbelta, los ensayos en túnel de viento y el análisis digital también produjeron aumentos asombrosos en altura, dando lugar a la construcción de edificios de gran altura que definen la manera en que hoy entendemos los rascacielos.

Las estrategias de uso del concreto también han avanzado significativamente en la construcción de rascacielos. Willis se refirió al sistema de núcleo arriostrado (*buttressed core*), desarrollado por Baker a inicios de la década de 2000, que fue utilizado en el Burj Khalifa, así como en la Jeddah Tower, diseñada estructuralmente por Thornton Tomasetti. “Este núcleo arriostrado, un núcleo esbelto (con) alas que lo contrarrestan, es el elemento clave que permite alcanzar 800 m (2,625 ft) o incluso 1,000 m (3,281 ft)”, señaló.

Este sistema de núcleo arriostrado, junto con el diseño del Burj Khalifa como un edificio de muros portantes, ayudó a inspirar esta exposición desde 2007. Willis afirmó que “la definición del rascacielos como una estructura de esqueleto de acero, que puede encontrarse en muchos sitios de internet, es una descripción extraordinariamente inexacta del rascacielos en los edificios más altos del mundo, el sistema estructural es un sistema de muros portantes, sin columnas o con muy pocas”. Estas ideas impulsaron a los curadores a examinar con mayor profundidad la narrativa de la construcción de rascacielos: qué es realmente un rascacielos, cómo la tecnología lo ha hecho evolucionar a lo largo de los años y cómo ha cambiado tanto en Estados Unidos como a nivel global.



**La exposición comienza con una línea de tiempo de 30 pies de longitud, organizada en ocho paneles que presentan capítulos o períodos significativos en la evolución del rascacielos de concreto.**



## Globalización de los rascacielos de concreto

Otro tema evidente a lo largo del relato de la exposición fue la globalización de la construcción de rascacielos de concreto. La disponibilidad del concreto y sus propiedades adaptables fueron clave para su adopción a nivel internacional. Según Willis, “la globalización a partir de la década de 1990 fue un fenómeno, no solo en la arquitectura... Medio Oriente, China y el Sudeste Asiático estaban emergiendo y creciendo muy rápidamente y querían demostrar su éxito y su forma de modernidad para realizar negocios y convertirse en capitales mundiales. Así, los edificios modernos fueron una manera de subirse al escenario global, obtener estatus y llamar la atención, pero todo ello formó parte de un impulso económico mucho más amplio de crecimiento y urbanización”.

Este impulso hacia la innovación y la urbanización permitió saltos significativos en la altura de los edificios, usos creativos del concreto y la expansión de proyectos superaltos.

La línea de tiempo de la exposición sobre los rascacielos de concreto más altos destaca un cambio en la década de 1990, cuando los edificios más altos dejaron de concentrarse en Estados Unidos y pasaron a Asia y Medio Oriente.



Una pared se centra en el uso del concreto durante la primera mitad del siglo XX.

## Recepción e impacto

La respuesta a la exposición ha sido positiva. Con una audiencia que abarca desde el público general interesado hasta académicos y expertos de la industria, The Modern Concrete Skyscraper ofrece perspectivas para quienes desean aprender sobre la historia de la arquitectura tanto a nivel superficial como profundo. El objetivo era “brindar a las personas genuinamente interesadas en el material una explicación comprensible, y permitir que los académicos reunieran a expertos reales en el campo para debatir estas ideas a un alto nivel de conversación”; Willis considera que esto se logró a través de la muestra. El nuevo material y la línea de tiempo integral presentada han sido valorados tanto por los visitantes como por la crítica.

Para Willis y Leslie, la curaduría de esta exposición ha representado una oportunidad para abrir nuevas líneas de investigación y colaborar con ingenieros, contratistas y fabricantes de materiales de construcción. Pudieron investigar cómo han surgido diversas soluciones técnicas y por qué se han adoptado ciertas prácticas a lo largo de la historia arquitectónica. Existe un estudio continuo sobre cómo toma forma el entorno construido, y los curadores esperan que esta exhibición fomente investigaciones adicionales sobre el tema y allane el camino para futuros estudios sobre las influencias económicas, ambientales y normativas en el diseño de rascacielos.

Al observar la historia presentada en esta exposición, se pueden vislumbrar las implicaciones futuras para la sostenibilidad y la innovación. Existe un diálogo constante entre la estética, la economía y el impacto ambiental. A medida que el concreto se ha consolidado como el material primordial para el paisaje urbano, los arquitectos e ingenieros han tenido que trabajar para equilibrar la estética y el diseño con la funcionalidad y los costos de materiales. Ahora más que nunca, se están integrando factores como la resiliencia, los costos de carbono y el cambio climático en la ecuación del diseño.

Willis afirmó que ha observado cómo los arquitectos e ingenieros siempre han mostrado interés en la minimización del uso de materiales, lo cual constituye una solución ambientalmente eficiente. En la década de 1960, figuras como el

ingeniero y arquitecto Fazlur Rahman Khan y firmas como SOM estaban “empeñados en hermanar la arquitectura y la ingeniería como una solución que permitiera utilizar los materiales de la manera más eficiente para un sistema estructural, empleando la menor cantidad de recursos posibles para alcanzar el fin estético y funcional que buscaban”. No obstante, Willis también enfatizó que las personas siempre buscan distinguir sus edificios de los demás. Por ello, subrayó que en el futuro será necesario adoptar nuevas estrategias y tecnologías que eviten que la sociedad sufra las “consecuencias de los hábitos de despilfarro”.

## Mirando hacia el futuro

El Museo del Rascacielos tiene un interés fundamental en priorizar la densidad urbana a través de sus exhibiciones, explorando cómo los edificios urbanos pueden representar una forma de vida más eficiente en comparación con la expansión horizontal (sprawl) orientada al automóvil hacia la que Estados Unidos se ha inclinado durante el último siglo.

Su próximo proyecto se aleja del enfoque en los materiales que caracterizó a sus últimas dos exposiciones. En su lugar, se centra en la Terminal Grand Central de la ciudad de Nueva York y sus playas de maniobras ferroviarias. La exhibición, titulada “La invención de Park Avenue”, explora la evolución de Park Avenue desde un patio de ferrocarriles hasta convertirse en una zona residencial de lujo y, posteriormente, en un corredor corporativo. A pesar de este cambio de enfoque, el concreto seguirá desempeñando un papel fundamental en la concepción de proyectos futuros.

“El concreto es una especie de trasfondo, un hilo conductor que recorre la construcción contemporánea”, afirmó Willis. “Sin duda, continuaremos analizando los nuevos edificios y las ideas emergentes”.

Para obtener más información sobre El Museo del Rascacielos y la exposición The Modern Concrete Skyscraper, visite <https://skyscraper.org>.

Gracias a Carol Willis y Daniel Borrero por recibirnos para una visita guiada y una entrevista en The Skyscraper Museum.



La galería principal se centra en el período que va desde la segunda mitad del siglo XX hasta la actualidad. Los edificios presentados son “casos de estudio” que representan tanto la importancia de diseñadores clave como el impacto de nuevas tecnologías en los materiales.

**Rachel T. Schick** es editora ejecutiva de Concrete International (CI). Cuenta con experiencia en redacción periodística, marketing y atención al cliente. Se licenció en comunicaciones en Grace College, Winona Lake, Indiana, EE. UU. Schick es editora de ACI desde agosto de 2023.



**Sidra Dahhan** es editora de CI. Tiene experiencia en periodismo independiente, producción multimedia e investigación. Se licenció en Historia, Cine y Nuevos Medios en la Universidad de Nueva York en Abu Dabi, Emiratos Árabes Unidos, y obtuvo su maestría en Periodismo en la Universidad Northwestern en Chicago, Illinois, EE. UU. Dahhan es editora de ACI desde junio de 2025.



Título original en inglés:

## Reframing the Narrative of the Concrete Skyscraper

A deep dive into the curation of The Modern Concrete Skyscraper exhibition

### La traducción de este artículo correspondió al Capítulo Perú



*Traductor:*

**Christopher Joseph  
Nuñez Varillas**



*Revisora Técnica:*

**Karen Jhazmin  
Valencia Cruz**



## Tolerancia del Tope de Concreto en la Parte Superior de la Columna

Consideraciones para constructibilidad y productividad

*Por James Klinger, Jeremiah Mistele, Frank Salzano, Eamonn F. Connolly y Bruce A. Suprenant.*

La Sección 4.4.4 de la especificación ACI-117-19 (15), “Especificación para Tolerancias para Construcción en Concreto y Materiales”, proporciona una tolerancia del tope de concreto en la parte superior del muro de  $\pm 3/4$  pulgada (19 mm), donde la tolerancia máxima define la distancia permitida desde el concreto de la parte superior de la columna hasta la viga o plafón de la losa (Fig. 1). Si bien la edición actual de la especificación no incluye una tolerancia análoga de tope de concreto en la parte superior de la columna, es probable que el Comité Adjunto ACI-ASCC 117, Tolerancias, incluya una en su próxima edición de la especificación.

Muchos documentos de contrato especifican un tope de concreto de la parte superior de la columna. Por ejemplo, la columna de la Fig. 2 se observó en un proyecto en el que el ingeniero requirió que el tope de concreto de la parte superior de la columna estuviera muy por debajo de la elevación del plafón indicado en el diseño. Tal como se evidencia en las Figs. 2 y 3, requerir que la parte superior de la columna se encuentre por debajo de la cimbra del plafón crea desafíos significativos para el contratista. Esta condición también genera un mayor riesgo de filtraciones. Aún cuando el tope de concreto de la parte superior de la columna no se incluya en los documentos del contrato, los contratistas han informado que podría especificarse en el sitio de la obra, lo que daría por resultado costos adicionales y demoras (Fig. 4).

En este artículo, se proporciona información de diversos recursos respecto a tolerancias del tope de concreto de la columna y sus impactos en la constructibilidad y productividad. Debido a que los autores han observado confusión dentro de la

comunidad de diseño acerca de los efectos del tope de concreto en la parte superior de la columna sobre la capacidad estructural, también se proporcionan los puntos de vista de algunos ingenieros, así como información pertinente de Código ACI-318-25<sup>2</sup> y de otros documentos.

Para solucionar la cuestión tanto de comunidades de diseño como de construcción, los autores recomiendan que los principales comités de ACI proporcionen una guía sobre especificaciones de tolerancia para el tope de concreto superior de la columna.



**Fig. 1:** Por lo general, los contratistas utilizan una cimbra y colocan el concreto de la parte superior de la columna de manera que sobresalga ligeramente hacia la losa. Algunos ingenieros creen que esta protuberancia de la columna disminuye la profundidad efectiva en el refuerzo superior, reduciendo por tanto, la capacidad de cortante de punzonamiento de la losa.



**Fig. 2:** En este proyecto, el ingeniero le solicitó al contratista que colocara el concreto de la parte superior de la columna 4 pulgadas (100 mm) por debajo del plafón de la losa.



**Fig. 3: Sostener la parte superior de la columna por debajo de la losa complica la cimbra, requiriendo agregar cimbras laterales extra en la parte superior de la columna. Esto incrementa el costo, disminuye la productividad y puede dar por resultado filtraciones que podrían dañar el acabado de la columna y de la losa inferior.**

### Comentarios Adicionales de un Contratista de la ASCC

“Idealmente, colocaríamos la plataforma, después despostillaríamos en cada columna antes de pasarle la plataforma al herrero. No obstante, no es así como funciona en un ciclo de colocación de 3 días. La instalación de la varilla/postensado de refuerzo se encuentra en curso antes de que se termine la colocación final de la plataforma, de manera que es casi imposible despostillar cada columna antes de que entre el herrero”.

“En un proyecto, el ingeniero y el arquitecto no coordinaron sus requerimientos. El ingeniero especificó que la parte superior de las columnas de concreto se sostuviera 2 pulgadas (50 mm) debajo de la losa superior para evitar reducir la capacidad de cortante de la losa. No obstante, el arquitecto especificó las columnas de concreto como concreto arquitectónico y no deseaba 2 pulgadas de concreto de losa sobre la parte superior de la columna de concreto arquitectónica expuesta – porque no daba buen aspecto”.

“Nos damos por vencidos; el ingeniero indicó que no había más tolerancia para la parte superior de la columna, ya que esto reduciría la capacidad de cortante de la losa, y al tener menos tolerancias, ocasionaría que se coloque concreto de la losa, que es de menor resistencia, en la parte superior de la columna de abajo, afectando la resistencia final de la columna; el resultado final: cero tolerancia”.

Nota: Los comentarios de los contratistas provienen de una encuesta interna de ASCC 2022 de miembros contratistas.

## Perspectivas de Construcción del tope de concreto en la Parte Superior de la Columna

La información presentada a continuación pertenece a la *American Society of Concrete Contractors (ASCC)*, *ACI SP-4, Formwork for Concrete*<sup>3</sup>, *Formwork: A Guide to Good Practice*<sup>4</sup>, y *Formwork: A Practical Guide*<sup>5</sup> (Cimbra para Concreto, Cimbra: Una Guía para la Buena Práctica y Cimbra: Una Guía Práctica).

*ASCC Tolerances for Cast-in-Place Concrete Buildings*<sup>6</sup> (Tolerancias para Edificios de Concreto Colados en Sitio) reporta que las columnas que se enmarcan en losas o vigas por lo general están en cimbras y se colocan, de manera que la columna de concreto en cada junta de construcción sobresalga ligeramente más arriba que la elevación de la losa en cimbra o del plafón de viga. Esto permite que la cimbra del plafón esté contigua a la columna de concreto, lo que minimiza la filtración de concreto en esa interfaz.

La Tabla 1 proporciona observaciones de los contratistas de concreto de ASCC (encuesta interna de los miembros de ASCC realizada en 2022) con respecto a la tolerancia del tope de concreto de la columna. Es considerable la amplia variedad de prácticas.



**Fig. 4: Durante una visita al sitio, el ingeniero giró instrucciones al contratista de despostillar el concreto de la columna sobre la cimbra del plafón. Si este requerimiento es necesario, necesita estipularse en los documentos del contrato.**



**Tabla 1:**

**Observaciones del Contratista de Concreto de ASCC para Tolerancia de la Parte Superior de la Columna**

| Tolerancia del tope de concreto de la columna          | Frecuencia en Práctica | Justificación del especificador tal como lo describen los contratistas                                         | Comentarios del Contratista                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|--------------------------------------------------------|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ±3/4 pulg.                                             | Aproximadamente 50%    | Aprobado, permitido, no observado o ignorado.                                                                  | Sin problema con la construcción.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| +0, -3/4 pulg.                                         | Aproximadamente 25%    | Más tolerancia reduce la resistencia a la cortante.                                                            | Por lo general no se incluye en documentos de contrato, no obstante, se observa durante la visita al sitio de la obra por parte del ingeniero responsable (EOR, por sus iniciales en inglés). Pocas veces, un cambio de orden, cae por lo general, bajo la premisa de “usted debió haberlo sabido” o “práctica común en todas las obras”. El contratista paga. |
| Variedad de elecciones; consulte la Fig. 5 y la Fig. 6 | Aproximadamente 20%    | Reduce la resistencia al cortante y “tenemos la forma ‘correcta’ de manejarlo”.                                | Por lo general está incluido en los documentos del contrato, no obstante, debe retomarse para la oferta y discutirse en la conferencia previa a la construcción.                                                                                                                                                                                               |
| ±0 pulg.                                               | Aproximadamente 5%     | Más tolerancia reduce la resistencia a la cortante y menos tolerancia crea un defecto en una columna expuesta. | No construible.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

*Formwork for Concrete* (Cimbra para Concreto) estipula que, “Si las columnas están en cimbra, coladas y se desmoldan de forma independiente antes de colocar la cimbra de otros miembros estructurales – una práctica bastante común para permitir que las columnas tomen su contracción inicial – el concreto de la columna se colará ligeramente sobre la elevación del plafón de la viga o losa de intersección más inferior. Algunos contratistas permiten una tolerancia de ½ pulgada (13 mm) de concreto extra para cubrir la contracción vertical y todas las irregularidades, pero la cantidad exacta depende de las propiedades de contracción de la mezcla de concreto, del tamaño y forma del miembro y de las condiciones locales/ambientales. Al colocar una pequeña cantidad sobre la elevación del plafón, la cubierta del plafón de la viga y losa puede adaptarse en su totalidad alrededor de la columna y la junta de la columna estará en la colocación de la losa en lugar de expuesta en la parte superior de la columna”<sup>3</sup>. La edición 1973 de SP-4<sup>7</sup> también incluyó el mismo análisis; por lo tanto, Cimbras para Concreto ha defendido desde hace más de 50 años, la colocación de la parte superior de la columna en la losa.

*Formwork: A Guide to Good Practices* (Cimbra: Una Guía para Buenas Prácticas) expone, “... debe considerarse la tolerancia sobre la altura total de la columna. Es una práctica común llevar el tope de concreto de la columna a la siguiente losa o viga, digamos unos 10 a 25 mm (0.39 a 0.98 pulgadas)

(para ayudar cuando se esté adaptando la cimbra de la losa alrededor de la parte superior de la columna completa)”<sup>4</sup>.

Finalmente, *Formwork: A Practical Guide* (Cimbra: Una Guía Práctica) presenta una práctica estándar en Australia con el tope de concreto de la columna hasta 25 mm (1 pulg.) sobre la cimbra del plafón.

## Perspectivas Estructurales sobre la Tolerancia del tope de concreto de la Parte Superior de la Columna

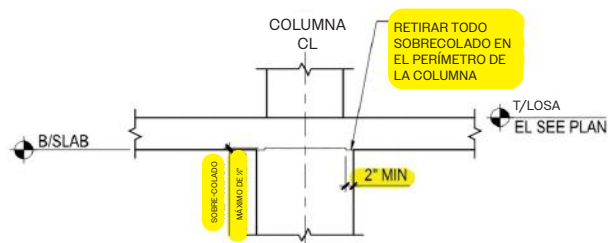
La información que se presenta a continuación incluye un detalle del dibujo; una cláusula de especificación de un proyecto y declaraciones de ACI PRC-435.8R-85, “Deflexiones Observadas de Sistemas de Losa de Concreto Reforzado y Causas de Deflexiones Grandes”<sup>8</sup>; así como un conjunto de justificaciones para tolerancias negativas de partes superiores de columna que los autores recibieron de los ingenieros.

La Figura 5 ilustra la elección de un ingeniero para “tolerancia de sobre-colado de columna”. Si bien el detalle permite un sobre-colado de ½ pulg. para la columna, también requiere sobre-colado cero dentro de un margen de 2 pulgadas alrededor del perímetro de la columna. Debido a que el margen de 2 pulg. tiene probabilidad de estar obstruido por las barras y tensores longitudinales, el despostillado sería difícil – despostillar por debajo de la parte inferior de la superficie de la cimbra del plafón probablemente estaría generando la necesidad de una cimbra costosa para cerrar los espacios resultantes. Pero



incluso con más cimbra, los requerimientos del ingeniero pueden conducir a filtraciones de concreto desagradables a la vista.

Una cláusula típica de especificación que aparece en los documentos del contrato es: “El concreto en muros y columnas de colocación previa no deberá proyectarse más de  $\frac{3}{8}$  de pulg. verticalmente sobre la parte inferior de las vigas, capiteles de losa o capiteles de columna y



**Fig. 5:** El ingeniero especificó un “sobre-colado” máximo de columna de concreto de  $\frac{1}{4}$  pulgada, excepto dentro de un margen de 2 pulgadas en el perímetro, donde no se permitió ningún sobre-colado.

no más de  $\frac{1}{4}$  de pulgada (6 mm) sobre la parte inferior de losas de menos de 4 pulg. (102 mm) de espesor. Despostille ese exceso de concreto después de establecer las alturas finales de la cimbra y antes de colocar refuerzo o concreto sobre las mencionadas juntas horizontales”.

ACI 435.8R-85, “Deflexiones Observadas de Sistemas de Losa de Concreto Reforzado y Causas de Deflexiones Grandes”<sup>8</sup>, brinda observaciones respecto a problemas de deflexión de losas. Su contenido indica que “sigue en gran medida” una compilación de Taylor y Heiman<sup>9</sup>. En los siguientes tres párrafos se muestran los puntos 4 y 5 de ACI PRC-435.8R, junto con las afirmaciones pertinentes incluidas en el resumen del documento. Los puntos 4 y 5 hablan de cómo puede reducirse la profundidad efectiva ya sea disminuyendo el refuerzo de la parte superior o colocando la columna de concreto en alto, lo cual reduce la capacidad de cortante:

“4: El refuerzo de la parte superior en los elementos de soporte se presionó hacia abajo durante la construcción de la losa, reduciendo substancialmente su profundidad efectiva y por tanto, reduciendo la contribución hecha en la rigidez de la losa mediante la continuidad en los soportes.

“5: Algunas veces, el concreto de la columna se lleva demasiado alto, más allá del plafón de la losa. Si no se despostilla este concreto extra antes de colar la losa, la junta fría resultante en la región del

soporte, en realidad reduce la profundidad efectiva de la losa, donde se necesita”<sup>8</sup>.

El resumen de ACI PRC-435.8R estipula: “Los puntos 4 y 5 anteriores son sorprendentemente comunes. Con mucha frecuencia los soportes superiores de acero no se aseguran en su lugar y se desplazan hacia el eje neutral, reduciendo en gran medida la rigidez del soporte. Si la profundidad efectiva se encuentra en 7 pulg. en lugar de 8 pulg., tal como se ha observado, la rigidez se reduce en 23% y el miembro tiende a comportarse como una viga con refuerzo sencillo (Comité 25, ASCE, 1978)”<sup>8</sup>.

Debe observarse que el Punto 5 no se describe en Taylor y Heiman<sup>9</sup>, tampoco en ASCE<sup>10</sup>.

En la experiencia de construcción colectiva de los autores, los ingenieros presentaron diversas razones para requerir que la parte superior de la columna termine por debajo de la losa, incluyendo la necesidad de mantener:

- La capacidad de cortante de punzonamiento de la losa;
- La cubierta del concreto para barras inferiores; y
- El espesor de losa especificado.

## Estipulaciones del código ACI-318-25

Si bien se han presentado las perspectivas del diseñador y del contratista, hay disposiciones el Código ACI-318 que deben tomarse en consideración. El Código ACI 318-25, Capítulo 8, Losas Bidireccionales, proporciona los requisitos para resistencia al cortante y refuerzo de la integridad que inciden en las consecuencias y el diseño de fallas de cortante de punzonamiento. Requiere que el diseño del cortante bidireccional se calcule en una sección crítica ubicada no más cerca que  $d/2$  de una columna. La Sección 22.6.2.1 requiere del uso del promedio de las profundidades efectivas en las dos direcciones ortogonales, porque una barra será más alta que la otra barra en la capa superior. El Código ACI-318 define  $d$  como la distancia desde la fibra de compresión extrema hasta el centroide del refuerzo de tensión longitudinal. Aunque la Fig. 6 indica que la distancia desde la fibra extrema del concreto de losa hasta el centroide del refuerzo longitudinal será una función de la ubicación de medición (dentro o fuera del perímetro de la columna), la distancia desde la fibra de compresión extrema hasta el centroide del

refuerzo de tensión longitudinal directamente sobre la columna, para propósitos prácticos, será infinita. En otras palabras,  $d$  se mide desde el exterior de la columna.

## Refuerzo de Integridad

El Código ACI-318, Sección 8.7.4.2, el refuerzo de la integridad requiere que por lo menos dos barras inferiores de franja de columna pasen entre el acero longitudinal de la columna y se anclen en soportes exteriores. El refuerzo tiene el propósito de mejorar la redundancia y ductilidad en estructuras en las que se localice el daño a una columna de soporte, conservando así toda la estabilidad estructural<sup>[1]</sup>.

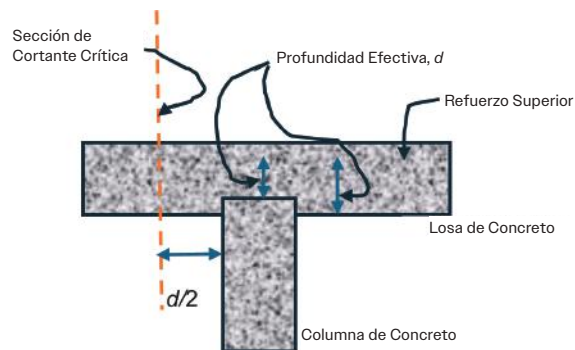
## Refuerzo del Perno de Cortante

El Código ACI-318 permite refuerzo de perno con cabeza (instalado en piezas soldadas, a las que comúnmente se les llama rieles con perno) en losas para contribuir a la resistencia al cortante de punzonamiento. Si bien se requiere que los rieles con perno se coloquen con el primer perno que debe estar dentro de  $d/2$  de la cara de la columna, no se colocan dentro de la columna (Fig. 7).

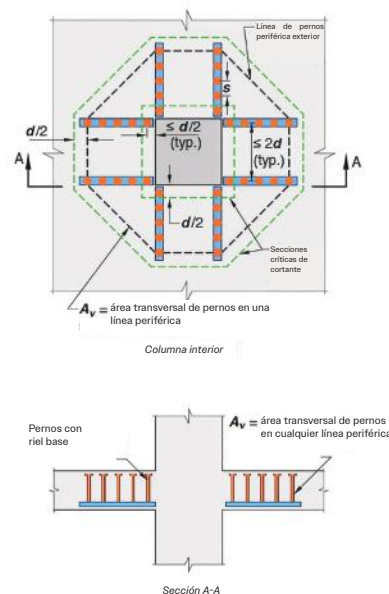
Los rieles de perno posicionados fuera de la cara de la columna son efectivos cuando el primer perno está dentro de  $d/2$  desde la cara de la columna (Fig. 7). Debido a que la resistencia al refuerzo de cortante de punzonamiento se desarrolla fuera de la columna, la ubicación de refuerzo superior fuera de la columna debe dictar la profundidad efectiva, no una profundidad efectiva “supuesta” del refuerzo superior dentro de la columna.

## Diseño para Constructibilidad y Productividad

Durante más de 50 años (ACI SP-4), los contratistas han colocado el tope de concreto de las columnas en losas superiores. Y durante aproximadamente 40 años (ACI 435.8R), muchos diseñadores han considerado que colocar el tope de concreto de las columnas dentro de la losa es perjudicial. Esta falta de acuerdo debe abordarse



**Fig. 6:** La profundidad efectiva del refuerzo mostrado en la sección crítica  $d/2$  desde la cara de la columna y una profundidad efectiva “supuesta” para el refuerzo sobre la parte superior de la columna.



**Fig. 7:** ACI 318-25<sup>2</sup> y ACI-PTI 320-25<sup>12</sup> ilustran que los rieles de perno son eficaces para resistir la cortante en la sección crítica de  $d/2$  desde la cara de la columna cuando se colocan fuera de la columna. Esto es coherente con el uso de la profundidad efectiva del refuerzo superior para cortante cuando se mide en la cara de la columna y no concuerda con la determinación de la profundidad efectiva dentro de la columna.

independientemente de cuál sea la correcta. Está previsto que el documento actualizado de ACI-ASCC SPEC-117 estará disponible a principios de 2027 y los autores anticipan que la tolerancia para la ubicación del tope de concreto de la columna coincidirá con la tolerancia para el tope de concreto de la parte superior de los muros, actualmente especificada como  $\pm 3/4$  de pulg. Para evitar confusión que incremente costos y demoras en el sitio de la obra y garantizar seguridad adecuada, los autores recomiendan que los subcomités pertinentes del Comité de Actividades Técnicas (TAC, por sus iniciales en inglés) y el Comité ACI 318 aborden este tema, proporcionando una aclaración para el diseño y construcción de los topes de concreto en columnas y muros que penetran en losas de concreto.

## Referencias

1. Joint ACI-ASCC Committee 117, "Specification for Tolerances for Concrete Construction and Materials (ACI SPEC-117-10) (Reapproved 2015)," American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2010, 76 pp.
2. ACI Committee 318, "Building Code for Structural Concrete – Code Requirements and Commentary (ACI CODE-318-25)," American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2025, 702 pp.
3. Johnston, D.W., Formwork for Concrete, SP-4 eighth edition, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2014, 512 pp.
4. Concrete Society Working Party, Formwork: A Guide to Good Practice; third edition, The Concrete Society, Berkshire, UK, 2012, 300 pp.
5. McAdams, P.S., and Lee, G.W., Formwork: A Practical Guide, first edition, Taylor & Francis, London, UK, 1997, 200 pp.
6. Suprenant, B.A., and Malisch, W.R., Tolerances for Cast-in-Place Concrete Buildings, American Society of Concrete Contractors, St. Louis, MO, 2009, 143 pp.
7. Hurd, M.K., Formwork for Concrete, SP-4, third edition, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 1973, 363 pp.
8. ACI Committee 435, "Observed Deflections of Reinforced Concrete Slab Systems, and Causes of Large Deflections (ACI PRC-435.8R-85) (Reapproved 1997)," American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 1985, 47 pp.
9. Taylor, P.J., and Heiman, J.L., "Long-Term Deflection of Reinforced Concrete Flat Slabs and Plates," ACI Journal Proceedings, V.74, No. 11, Nov. 1977, pp. 556-561, doi: 10.14359/11046.
10. Council on Tall Buildings and Urban Habitat Committee 25, "Creep, Shrinkage, and Temperature Effects," Chapter CB-10, Monograph on Planning and Design of Tall Buildings, American Society of Civil Engineers, New York, 1978, pp. 425-500.
11. Mitchell, D.M., and Cook, W.D., "Preventing Progressive Collapse of Slab Structures," Journal of Structural Engineering, ASCE, V.110, No. 7, July 1984, pp. 1513-1532, doi: 10.1061/(ASCE)0733-9445(1984)110:7(1513).
12. Joint ACI-PTI Committee 320, "Post-Tensioned Structural Concrete – Code Requirements and Commentary (ACI/PTI CODE-320-25)," American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2025, 168 pp.

Seleccionado para interés del lector por los editores posterior a la evaluación y recomendación del experto independiente.

## GI Germann Instruments

The Pioneer of Innovative Nondestructive Test Systems for Concrete

### Proove'IT

El sistema PROOVE'it es un equipo de laboratorio diseñado para evaluar la resistencia del concreto a la penetración de iones cloruro, un parámetro clave para estimar la durabilidad de estructuras reforzadas.



germann@germann.org  
8845 Forestview Rd Evanston IL, 60293 USA

### Normativa aplicada:

El equipo permite realizar múltiples ensayos estandarizados, incluyendo ASTM C1202 (RCPT), ASTM C1760 (conductividad eléctrica) y métodos de migración de cloruros como NT Build 492 o EN 12390-18.

El PROOVE'it cuenta con hasta ocho canales de medición simultáneos, control preciso de voltaje y software de adquisición de datos, lo que facilita el control de calidad, la optimización de mezclas y el diseño de vida útil de estructuras.



Contáctanos



Productos



**James Klinger** es miembro de ACI y consultor de concreto, con base en San Francisco Bay Area, CA, Estados Unidos de Norteamérica. Es miembro del Comité ACI 318, Código de Construcción en Concreto Estructural; Subcomité ACI 318-A, General, Concreto y Construcción; y Comité Conjunto ACI-ASCC 117, Tolerancias. Recibió el Reconocimiento ACI de Construcción en 2020 y el Reconocimiento ACI Roger H. Corbetta Concrete Constructor en 2022 y el Reconocimiento ACI Concrete International en 2023. Klinger obtuvo su grado de maestría en ingeniería estructural por la Universidad de Maryland, College Park, MD, USA.



**Frank Salzano** es miembro de ACI y Director de Control de Calidad de Ceco Concrete Construction, Centreville, VA. Estados Unidos de Norteamérica. Ha trabajado en construcción en concreto durante más de 30 años y cuenta con experiencia en su propio negocio de construcción en concreto, para contratistas generales independientes y contratistas de concreto. Salzano es miembro del Comité Conjunto ACI-ASCC 117, Tolerancias. Recibió su Licenciatura en ingeniería civil y Maestría en gestión de la construcción por el Instituto Politécnico de Virginia y la Universidad Estatal de Blacksburg, VA. Salzano es un ingeniero profesional con licencia en Virginia.



**Bruce A. Suprenant** es Miembro Honorario de ACI y Jefe del Subcomité ACI 117-M, Movimientos que Afectan las Tolerancias, así como Vicepresidente del Comité Conjunto ACI-ASCC 117, Tolerancias. Sus honores incluyen el Reconocimiento ACI Concrete International 2023 y 2022, la Medalla ACI Arthur R. Anderson 2021, el Reconocimiento ACI Construction 2020, el Reconocimiento ACI Certification 2013, el Reconocimiento ACI Roger H. Corbetta Concrete Constructor 2010 y el Reconocimiento ACI Construction 2010.



**Eamonn F. Connolly**, FACI, es Director de Ingeniería en McHugh Construction Co., Chicago IL, Estados Unidos de Norteamérica. Cuenta con más de 25 años de amplia experiencia como ingeniero estructural y gerente de diseño y construcción de numerosos rascacielos y proyectos de infraestructura. Fue Jefe del Comité ACI 309, Consolidación de Concreto y miembro de los Comités ACI 134, Constructibilidad en Concreto; 347, Cimbras para Concreto; y 435, Deflexiones de Edificios de Estructura de Concreto; Subcomités ACI 301-1 Concreto post tensado, sección 9 y 318-A Concreto y Construcción; así como el comité conjunto ACI-ASCC 117 Tolerancias. Recibió su diploma de Ingeniero Civil del Instituto Tecnológico de Chicago, Chicago, IL y su maestría en Ingeniería en la Universidad de Aberdeen, UK. Es ingeniero estructural autorizado en Illinois y en otros ocho estados de la unión.



**Jeremiah Mistele** es miembro de ACI y Gerente Técnico y de Riesgos de Procon, Inc., Rocky Mount VA. Ha trabajado en la industria de la construcción en concreto con Procon por más de 20 años. Mistele es miembro del Comité ACI Construction Liaison; Comités ACI 302, Construcción de Pisos de Concreto y 330, Estacionamientos de Concreto y Pavimentación de Sitio; así como del Comité Conjunto ACI-ASCC 117, Tolerancias. Actualmente presta sus servicios como Co Presidente del Comité Técnico de la American Society of Concrete Contractors (ASCC)



## Título original en inglés: **Top-of-Column Concrete Elevation Tolerance.**

Considerations for constructability and productivity

## La traducción de este artículo correspondió al Capítulo México Centro y Sur



*Traductora:*  
**Lic. Ana P. Garcia  
Medina**



*Revisor Técnico:*  
**Dr. Esteban Astudillo  
de la Vega**

## ¿Qué sigue después del cemento Tipo IL y cómo podemos usar con éxito los cementos mezclados?

Resumen de la discusión del panel de expertos durante la sesión de tópicos relevantes realizada en la Convención de Otoño de 2025 del ACI.

Por Eric R. Giannini, Brett A. Harris, Eric P. Koehler, M. Tyler Ley, Mohammed J. Uddin, Anis Ghanei, James J. Martinoski, y James M. Casilio

### Introducción

La industria del concreto atraviesa un período de rápida innovación y una ampliación del espectro de cementos disponibles en el mercado. En este contexto, surge una pregunta clave: ¿qué sigue después del cemento Tipo IL y cómo podemos utilizar con éxito los cementos mezclados en la construcción con concreto?

Un panel de expertos abordó esta cuestión el pasado 26 de octubre de 2025 durante la sesión de tópicos relevantes (Hot Topic Session en inglés) celebrada en la Convención de Otoño del 2025 del ACI en Baltimore, Maryland (EE. UU.). La sesión fue organizada y moderada por Eric Giannini, FACI, de la Asociación Americana del Cemento (American Cement Association, (ACA)), y Brett Harris, de Chryso Inc. Entre los panelistas estuvieron Eric Koehler, FACI, de la empresa Titan America; Tyler Ley, FACI, de Oklahoma State University; James Martinoski,

de Miller and Long Co., Inc.; y James Casilio, de la Asociación de Productores de concreto y agregados de Pennsylvania (Pennsylvania Aggregates and Concrete Association (PACA)). El objetivo de este artículo es difundir entre los miembros del ACI los conceptos e ideas presentadas y discutidas por el panel.

### Antecedentes sobre los cementos mezclados

Los cementos mezclados, según lo definido en ASTM C595/C595M y AASHTO M 240 “Especificación Estándar Para Cementos Hidráulicos Mezclados”, son cementos producidos mediante la molienda conjunta o la mezcla de cemento portland con cemento de escoria, puzolanas, caliza o una combinación de estos materiales.

La Tabla 1 muestra los requisitos de composición establecidos en ASTM C595/C595M y AASHTO M 240 para los cementos mezclados. La norma ASTM C1157/C1157M “Especificación de Desempeño para Cementos Hidráulicos” también permite cementos mezclados sin límites prescriptivos en su composición. Los cementos mezclados no son nuevos. La norma ASTM C595 se publicó por primera vez hace casi 60 años, en 1967, estandarizando los requisitos para mezclas binarias de cemento portland con puzolanas o cemento de escoria. Las mezclas ternarias (cemento Tipo IT) se introdujeron en ASTM C595/C595M en 2009, y el cemento portland con caliza (PLC o cemento Tipo IL) se incorporó en 2012.

**Tabla 1:**

**Requisitos de composición para ASTM C595/C595M (AASHTO M 240) para cementos hidráulicos mezclados en función a la masa de cemento mezclado.**

| Constituyente          | Tipo IL | Tipo IP | Tipo IS | Tipo IT | Tipo IT (S ≥ 70) |
|------------------------|---------|---------|---------|---------|------------------|
| Caliza (L)             | 5 a 15% | —       | —       | ≤ 15%   | ≤ 15%            |
| Puzolana (P)           | —       | ≤ 40%   | —       | ≤ 40%   | ≤ 40%            |
| Cemento de escoria (S) | —       | —       | < 95%   | *       | ≥ 70%            |
| Suma de (L+P+S)        | —       | —       | †       | < 70%   | †, ‡             |

\* Cuando el constituyente de un cemento Tipo IT es cemento de escoria distinto al Tipo IT (S ≥ 70), el contenido máximo de cemento con escoria está limitado por el requisito de la suma de caliza, puzolana y cemento con escoria y debe ser menor al 70%

† Cementos mezclados con contenidos de escoria que excedan el 70% en masa se permite para contener caliza hidratada

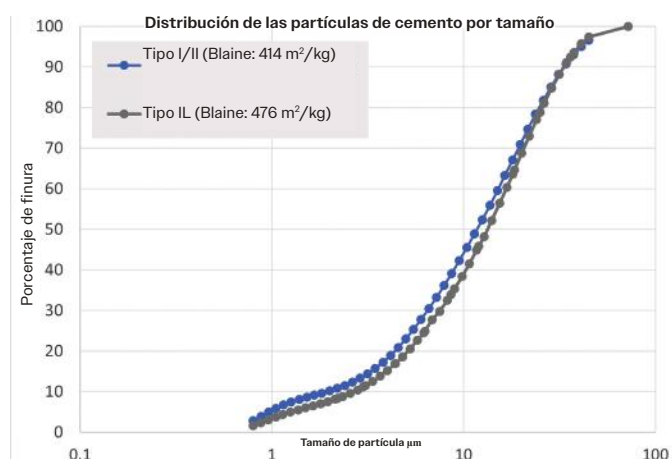
‡ El contenido máximo de cemento con escoria tipo IT (S ≥ 70), está limitado en la práctica por la cantidad de cemento portland y el tercer ingrediente (una puzolana o caliza)



Los cementos portland con caliza tienen una historia más larga en Europa, donde se introdujeron por primera vez en Alemania en la década de 1960. Su uso inicial en Estados Unidos ocurrió a mediados de la década de 2000, cuando varios departamentos estatales de transporte permitieron mezclas con 10% de caliza bajo de acuerdo con la norma ASTM C1157/C1157M<sup>1</sup>. A junio de 2025, los cementos mezclados representaban más del 60 % de los envíos de cemento en los Estados Unidos, y se estimó que aproximadamente el 96 % de esos cementos mezclados correspondían a PLC<sup>2</sup>.

## Implementación exitosa de nuevos cementos mezclados: perspectiva de productores de cemento y concreto

La implementación exitosa del uso de cementos mezclados comienza y termina con el concreto. Es fundamental evaluar su desempeño en el concreto, además de asegurar el cumplimiento con ASTM C595/C595M y AASHTO M 240, ya que las características individuales del cemento, como la finura Blaine o el contenido de caliza, no son indicadores adecuados para estimar del desempeño del concreto. Por ejemplo, la finura Blaine es una medición indirecta de la finura, y los resultados de este ensayo no deben utilizarse para comparar diferentes cementos, tal como se advierte en ASTM C204 “Método Estándar de Ensayo de finura de los Cementos Hidráulicos usando el aparato de permeabilidad al aire”. La Fig. 1 ilustra este punto, mostrando que un cemento Tipo IL puede presentar una distribución de tamaño de partícula más gruesa medida por difracción láser, aun cuando tenga una mayor finura Blaine.



**Fig. 1: Comparación de la distribución del tamaño de las partículas medidas mediante difracción láser para cementos Tipo IL y Tipo I/II obtenidos de una sola planta productora.**

La Tabla 2 enumera propiedades relevantes del concreto que deben evaluarse, comenzando desde la etapa de investigación y desarrollo de un nuevo cemento. Asimismo, el desempeño del concreto en condiciones de clima cálido o frío puede evaluarse siguiendo las guías ACI PRC-3053 y ACI PRC-3064. Una vez establecidos, estos resultados pueden ser ampliamente referenciados, evitando la repetición de ensayos y acelerando la implementación. Los requisitos específicos varían según la región y la aplicación.

La etapa de dosificación de la mezcla de concreto ofrece múltiples herramientas para gestionar el desempeño final. Los pasos clave para implementar un nuevo cemento en la producción de concreto incluyen:

- Realizar ensayos de laboratorio con mezclas típicas que representen diversas condiciones, como niveles de resistencia, contenido de aire y contenido de materiales cementantes suplementarios (SCM).
- Realizar colados de prueba en campo para aplicaciones y métodos de colocación clave.
- Determinar los ajustes necesarios en la mezcla, si corresponde.
- Obtener las aprobaciones requeridas para nuevas propuestas.
- Asegurar la aplicación de buenas prácticas durante toda la construcción del concreto, incluyendo condiciones de clima cálido y frío, acabado y curado.

La experiencia de Titan America, productor integrado de cemento y concreto en el este de los Estados Unidos, demuestra que un proceso metódico y colaborativo es esencial para la implementación exitosa de cementos mezclados. La empresa introdujo por primera vez el cemento Tipo IL en 2015 en sus propias plantas de concreto. Las aprobaciones de los departamentos de transporte de Florida y Virginia se obtuvieron en 2017. Posteriormente, se procedió a convertir mezclas de concreto en proyectos importantes para incorporar cemento Tipo IL.

Por ejemplo, después de intensivas pruebas de precalificación, ahora se está utilizando cemento tipo IL en la construcción del Puente Miami Signature; se trata de un puente atirantado con un costo aproximado de 866 millones de dólares, que conecta el centro de Miami con la

Tabla 2:  
Pruebas al concreto para evaluar materiales cementicios.

| Propiedad                                             | Método de ensaye                     |
|-------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Revenimiento y pérdida de revenimiento                | ASTM C143/C143M                      |
| Contenido de aire                                     | ASTM C231                            |
| Tiempos de fraguado                                   | ASTM C403/C403M                      |
| Resistencia                                           | ASTM C39/C39M                        |
| Acababilidad                                          | Mockup                               |
| Bombeabilidad                                         | Mockup                               |
| Sangrado                                              | ASTM C232/C232M                      |
| Calor de hidratación                                  | ASTM C1702                           |
| Resistencia a los cloruros                            | ASTM C1202, C1556                    |
| Contracción                                           | ASTM C157/C157M                      |
| Potencial de agrietamiento (Aguetamiento restringido) | ASTM C1581                           |
| Resistencia a los sulfatos                            | ASTM C1012/C1012M                    |
| Mitigación de la reacción álcali-silíce.              | ASTM C1260, C1293/C1293M, C441/C441M |
| Resistencia al congelamiento y deshielo               | ASTM C666                            |
| Resistencia al descascaramiento                       | ASTM C672/C672M                      |
| Resistencia a la abrasión                             | ASTM C944                            |

MacArthur Causeway hacia Miami Beach (Fig. 2). La construcción industrial de las losas significaron retos que requirieron una coordinación cuidadosa entre los contratistas, y el control preciso de factores como la reología, sangrado, tiempo de fraguado y resistencia a la abrasión. Las plantas de cemento de Titan America se convirtieron completamente de la producción de cemento Tipo I/II a cementos mezclados en 2022, produciendo actualmente cementos Tipo IL y Tipo IT.

### Herramientas prácticas para gestionar mezclas con cementos mezclados

A medida que los materiales evolucionan, se requiere mayor nivel de ensayo para comprender su comportamiento, ya sea mediante pruebas de laboratorio o ensayos de campo. Además de los ensayos tradicionales de asentamiento y resistencia, existen pruebas simples que permiten evaluar el desempeño del material. Dos herramientas que han demostrado ser particularmente útiles son el calorímetro semi-adiabático y el ensaye de flotado.

Los calorímetros semi-adiabáticos portátiles ofrecen una forma práctica y económica de evaluar el fraguado, el desarrollo de resistencia temprana y la interacción de los materiales en la mezcla, a partir de la medición del calor liberado a edades tempranas.



Un ejemplo del equipo y una gráfica de datos típicos se muestran en la Fig. 3. Cuando las curvas de liberación de calor se desplazan hacia la izquierda o hacia la derecha, esto indica cambios en el tiempo de fraguado de la mezcla. El área bajo la curva representa el calor total generado. Un pico más alto normalmente conduce a una mayor resistencia a edades tempranas, y una curva más ancha significa que se está liberando más calor total durante un período más largo. Esta información también puede utilizarse para medir la consistencia del desempeño de una mezcla a otra.

Aunque el ensayo de revenimiento es una herramienta útil, proporciona información limitada sobre el esfuerzo requerido para el acabado del concreto. El ensayo de flotado fue desarrollado para cuantificar la facilidad de acabado del concreto<sup>5-6</sup>. En la Fig. 4 se muestra a grandes rasgos en qué consiste la prueba. Este ensayo utiliza moldes de madera de 0.9 m x 0.6 m x 75 mm de profundidad, (3 pies x 3 pies x 3 pulg.) que se llenan de concreto y se nivelan (Fig. 4 (a)). Se generan orificios estandarizados en la superficie con un templete (Fig. 4 (b)), y luego se realiza el acabado con una llana de magnesio a velocidad constante (Figs. 4 (c) y (d)). La prueba mide el número de pasadas necesarias para cerrar los orificios y obtener una superficie lisa. Menos pasadas implican mejor trabajabilidad para el acabado. La Fig. 4(e) muestra los resultados de mezclas que utilizaron 14 cementos diferentes de tipo IL y tipo I/II. Todos los diseños de mezcla fueron iguales, y el revenimiento de cada mezcla se ajustó con un aditivo reductor de agua para que fuera de 3.5 ± 0.5 pulg. (90 ± 13 mm). La Fig. 4 muestra las diferencias en la trabajabilidad/acababilidad de

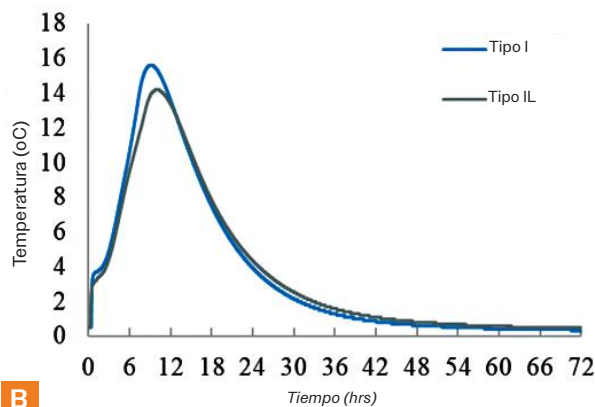


Fig. 3: a) Calorímetro semi-adiabático portátil, y b) ejemplo de perfil térmico de dos cementos.

mezclas de concreto elaboradas con distintos tipos de cementos. Un video sobre la prueba con llana (float test) puede encontrarse en [www.tylerley.com/float](http://www.tylerley.com/float).

## Adaptarse al nuevo mundo cambiante de los cementos como productory contratista.

Miller and Long, LLC, (Fig. 5) contratista y productor de concreto con sede en Bethesda, Maryland, ha participado en grandes proyectos (más de 10, 000 yd<sup>3</sup> de concreto (7, 700 m<sup>3</sup>)) con metas de sostenibilidad impulsadas por los propietarios, tales como una reducción del 30 % en el potencial de calentamiento global (GWP) respecto a valores base, manteniendo al mismo tiempo requisitos tradicionales de desempeño, como resistencias tempranas para desencofrado y postensado.

Para alcanzar exitosamente estos proyectos, la empresa ha tenido que preguntarse como cumplir con estos nuevos requerimientos y aprender como ser un líder en cuando a concreto sustentable.

Es crítico entender las especificaciones y los requerimientos específicos de cada proyecto. Ya sea que el contratista utilice sus propios suministros de concreto aprovechando sus instalaciones o que dependa de un productor tercero de concreto, una comunicación temprana, ensayos, mezclas de prueba y pruebas de colocación con los materiales a utilizar son cruciales para obtener éxito en el proyecto. Una vez que una o varias mezclas son seleccionadas, el éxito durante la construcción requiere adherirse a las mejores prácticas para la ejecución de cada parte del proceso, desde dosificación, mezclado y transporte, colocación, terminado y curado.

Un ejemplo exitoso es el proyecto ubicado en 1133 N. Capitol St. NE, Washington, D.C., donde se utilizaron mezclas con un reemplazo del 50 % del cemento Tipo IL por SCM en todos los elementos estructurales y rangos de resistencia especificados. Se colocaron aproximadamente 20, 000 yd<sup>3</sup> (15, 000 m<sup>3</sup>) de concreto, con resistencias entre 17 y 69 MPa. El contenido de 50% de SCM consistió típicamente en una mezcla uniforme (50/50) de puzolana de vidrio molido y cemento de escoria. Durante la evaluación de las mezclas, se observó que en colocaciones masivs de concreto se pudo haber utilizado hasta un 80% de reemplazo del cemento Tipo IL. A pesar de los requisitos de resistencia a 2 días, para el postensado y descimbrado de las losas estructurales, las mezclas con 50% de reemplazo cumplieron exitosamente con las exigencias del proyecto.

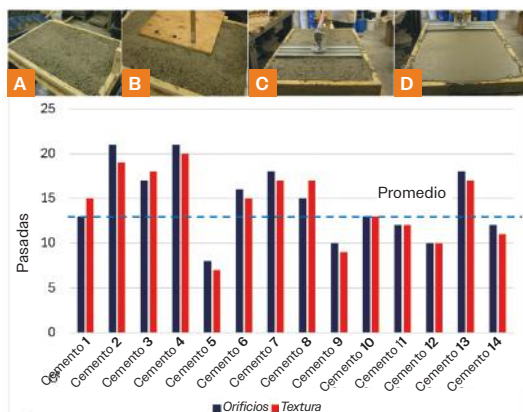


Fig. 4: Procedimientos de ensaye de flotado y datos de ejemplo. a) Llenado del molde; b) hechura de orificios estándar; c) y d) alisado y terminado de la superficie; y e) resultados de la prueba de flotado mostrando el número de pasadas necesarias para cerrar los orificios realizados y remover las texturas de la superficie.





**Fig. 5: Planta de concreto cercana a la obra de Miller and Long, LLC, que utiliza una mezcla de concreto con una combinación ternaria, con cemento Tipo IL y dos materiales cementantes suplementarios (SCM)**

## Educación y Compromiso: Claves para proyectos con altos contenidos de SCM

Las mezclas de concreto con cementos mezclados y altos contenidos de SCM presentan características diferentes a las de los cementos tradicionales, incluyendo cambios en el tiempo de fraguado, demanda de agua, eficiencia de los aditivos, sangrado y facilidad de acabado. Estas diferencias suelen ser más críticas durante la colocación y el acabado. Para hacer uso adecuado de cementos mezclados, es crucial que quienes estén a cargo de la colocación y acabado del concreto evalúen y entiendan perfectamente y de antemano las diferencias en sus comportamientos.

## Evaluación del comportamiento de manera anticipada con colados de prueba

Los colados de prueba antes del inicio de la obra son esenciales para evaluar el desempeño del concreto y permitir que el personal de colocación y acabado adquiera experiencia práctica con los nuevos materiales. Aunque tradicionalmente se les ha denominado colocaciones de prueba, sería más correcto llamarlas ensayos de colocación. Especificar la necesidad de realizar estos ensayos en la documentación oficial de la obra facilita una evaluación previa y la cooperación entre todas las partes involucradas de manera organizada.

Estos ensayos no tienen que ser extensos y complejos. La ubicación ideal es usualmente la planta de producción del concreto, donde las mezclas con distintas variaciones en materiales y aditivos pueden ser fácilmente comparadas, ajustadas y evaluadas.

Es de vital importancia, ya que los ensayos de colocación dan una excelente oportunidad para que

quienes ejecutarán el trabajo, ganen experiencia práctica haciéndolo y utilizando estos nuevos materiales aún antes de que la obra se inicie. El feedback en los comportamientos durante los procesos de colocación y acabado será vital para los ajustes y mejoras que se tendrán que hacer antes que la obra inicie.

## Educación a los acabadores del concreto en el cambio de materiales

A medida que los materiales utilizados en las mezclas de concreto evolucionan, se vuelve crucial incluir a los trabajadores especializados en la discusión.

En 2022, el Departamento de Transporte de Pensilvania y la PACA implementaron cambios en las especificaciones y lanzaron un programa para incrementar la capacitación y certificación, como la Certificación ACI para Acabadores de Concreto (*Flatwork Finisher*), de los acabadores de concreto en todo el estado. Este programa combina instrucción en aula y experiencia práctica (Fig. 6). Estas clases han demostrado ser una oportunidad para el diálogo abierto sobre los cambios en los materiales utilizados en las mezclas de concreto y su efecto en el proceso de acabado.



**Fig. 6: Fotografía tomada en el Programa de Acabadores de Concreto de Pensilvania. A la fecha, más de 2,100 acabadores en Pensilvania han completado este programa.**

## Resumen y llamado a la acción

La sesión concluyó involucrando a la audiencia en un panel de discusión (Fig. 7) con los cuatro ponentes. Los temas clave incluyeron la importancia de la comunicación y la capacitación, los colados o colocaciones de prueba y la necesidad de garantizar buenas prácticas de curado para utilizar con éxito los cementos mezclados con mayores contenidos de SCM. Los cementos mezclados ofrecen un gran potencial, tanto para abordar los objetivos de descarbonización de la industria, como soluciones adaptadas a requisitos específicos de desempeño del concreto.

No obstante, su uso también exige un nuevo nivel de capacitación de la fuerza laboral. Un resultado temprano de esta sesión fue la creación de nuevas conexiones entre tres de los ponentes y un asistente, quienes ahora colaboran en un nuevo programa de capacitación en Florida relacionado con la construcción con mezclas de concreto de menor huella de carbono.



Fig. 7: El moderador Brett Harris plantea una pregunta al panel de ponentes.

## Referencias

1. Tennis, P.D.; Thomas, M.D.A.; Weiss, W.J.; Farny, J.A.; and Giannini, E.R., "State-of-the-Art Report on Use of Limestone in Cements at Levels of up to 15%," SN3148.03, American Cement Association, Washington, DC, 2024, 101 pp. doi: 10.70909/pca.2024.SN3148.03
2. USGS, "Cement in June 2025," Mineral Industry Surveys, U.S. Geological Survey, Sept. 2025, 28 pp. <https://d9-wret.s3.us-west-2.amazonaws.com/assets/palladium/production/s3fs-public/media/files/mis-202506-cemen.pdf> (accessed Jan. 6, 2026)
3. ACI Committee 305, "Guide to Hot Weather Concreting (ACI PRC-305-20)," American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2020, 28 pp.
4. ACI Committee 306, "Guide to Cold Weather Concreting (ACI PRC-306-16)," American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2016, 24 pp.
5. Altuki, R.; Ley, M.T.; Cook, D.; Gudimettla, M.J.; and Praul, M., "Increasing Sustainable Aggregate Usage in Concrete by Quantifying the Shape and Gradation of Manufactured Sand," Construction Building Materials, V. 321, Article No. 125593, 2022. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2021.125593
6. Uddin, M.J.; Cook, M.D.; Ley, M.T.; and Altuki, R., "The Relationship Between the Paste Properties and Fine Sand Content in Flowable Concrete Mixtures," Materials and Structures, V. 58, Article No. 256, Sept. 2025. doi: 10.1617/s11527-025-02779-7

Nota: Información adicional sobre ASTM Internacional y las normas AASHTO comentadas en este artículo pueden encontrarse en [www.astm.org](http://www.astm.org) y en [www.transportation.org](http://www.transportation.org), respectivamente.

Artículo seleccionado por los editores en virtud del interés de los lectores después de evaluación y recomendación de expertos independientes.

**Eric R. Giannini**, FACI, es Director de Normas de Productos y Tecnología en la American Cement Association, Washington, DC, EE. UU. Es Secretario del Comité ACI 323, Low-Carbon Concrete Code. Recibió su licenciatura en ingeniería civil de la University of Virginia, Charlottesville, VA, EE. UU., en 2002, y su maestría (MSE) y doctorado (PhD) en ingeniería civil de The University of Texas at Austin, Austin, TX, EE. UU., en 2009 y 2012, respectivamente.



**Brett A. Harris**, miembro del ACI, es Especialista Senior en Servicios Técnicos en Chryso Inc., responsable de la región desde el Atlántico Medio hasta el Noreste de Estados Unidos. Ha trabajado en los aspectos técnicos, operativos y de ventas de la industria por más de 30 años. Harris participa activamente en ACI, ASTM International, Precast/Prestressed Concrete Institute (PCI), National Ready Mixed Concrete Association (NRMCA) y varias asociaciones regionales de la industria. Recibió su licenciatura en mercadotecnia técnica de Clemson University, Clemson, SC, EE. UU. También obtuvo la certificación de Tecnólogo del Concreto Nivel 4 de NRMCA.



**Eric P. Koehler**, FACI, es Vicepresidente de Innovación y Calidad en Titan America, donde dirige el desarrollo de materiales cementantes avanzados y tecnologías para la siguiente fase del cemento, el concreto y la construcción. Es Presidente de los Subcomités ACI 211-N, Proportioning with Ground Limestone and Mineral Fillers, y 301-A, General Requirements – Section 1. Koehler participa activamente en ACI y ASTM International.



**M. Tyler Ley**, FACI, es Profesor Regents y titular de la Cátedra Gordon-Cooper en el Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental en Oklahoma State University, Stillwater, OK, EE. UU. Es Presidente del Comité ACI 211, Proportioning Concrete Mixtures, y del Subcomité ACI 211-I, Impacts of Aggregate Gradation, además de ser miembro de varios otros comités de ACI.



**Mohammed J. Uddin**, miembro del ACI, es Investigador Postdoctoral en Oklahoma State University. Su investigación se centra en la dosificación del concreto y métodos novedosos para medir la trabajabilidad del concreto.



**Anis Ghanei**, miembro del ACI, es candidata a doctorado en Oklahoma State University. Su investigación se enfoca en medir la constructibilidad de mezclas de cemento con reducción de carbono.



**James J. Martinoski** es Vicepresidente en Miller and Long, LLC, Bethesda, MD, EE. UU. Se desempeña como Presidente del Capítulo National Capital de ACI.



**James M. Casilio**, miembro del ACI, es Director de Servicios Técnicos para la Pennsylvania Aggregates and Concrete Association (PACA), Harrisburg, PA, EE. UU. Es Presidente del Comité ACI 132, Responsibility in Concrete Construction, y miembro de los Comités ACI E701, Materials for Concrete Construction; 221, Aggregates; y 332, Residential Concrete Work; así como del Subcomité ACI 201-H, Aggregate Reactions. Recibió su licenciatura en ingeniería civil de la University of Pittsburgh, Pittsburgh, PA.





Título original en inglés:  
**What's Next After Type IL Cement  
and How Can We Use Blended  
Cements Successfully?**

A summary of a panel discussion at the Fall 2025  
Hot Topic Session

**La traducción de este artículo  
correspondió al Capítulo Ecuador  
Centro y Sur**



*Traductor y  
Revisor Técnico:*  
**Ing. Santiago Vélez**  
**Guayasamín MSc DIC**

## Conceptos Erróneos del GFRP- Parte 3

Existen muchos materiales de diseño en la caja de herramientas de un ingeniero estructural que deben evaluarse según las condiciones estructurales y ambientales consideradas: concreto, refuerzo convencional, presfuerzo e incluso acero estructural y madera. Como ingenieros, sabemos que ni siquiera el concreto es ideal para todas las estructuras. Por lo tanto, las varillas de refuerzo de polímero reforzado con fibra de vidrio (GFRP, por sus siglas en inglés) no pueden utilizarse en todas las aplicaciones de concreto reforzado. No debemos temer a la innovación, ya que esta ampliará las posibilidades, y más investigaciones se están realizando con ese objetivo. También se han logrado muchos avances en aceros especializados, tanto recubiertos como sin recubrir, para también reforzar el concreto.

Esta serie de artículos de preguntas y respuestas, intenta aclarar algunas dudas y conceptos erróneos comunes sobre las varillas de refuerzo de GFRP. Se comparan con las varillas de refuerzo de acero para ofrecer una referencia de algo con lo que el lector probablemente esté más familiarizado hoy en día.

Se reconoce y agradece el apoyo para esta serie por parte de la Asociación Americana de Fabricantes de Compuestos (ACMA, por sus siglas en inglés), el Consejo de Fabricantes de Varillas de Refuerzo de FRP y NEx: un Centro de Excelencia del ACI para Materiales de Construcción No Metálicos.

**P1.** *Producción y disponibilidad: ¿Dónde se fabrican las varillas GFRP y dónde las puedo encontrar?*

**R1.** Mientras que algunos fabricantes están internacionalmente instalados, existe una producción significativa en Norte América, más específicamente, los Estados Unidos. Al momento de la publicación de esta edición, varias fábricas están explorando localidades adicionales para sus instalaciones. Consulte las siguientes asociaciones de la industria para obtener las listas de miembros:

- NEx: Un Centro de Excelencia del ACI para Materiales de Construcción No Metálicos en [www.nonmetallic.org/member-companies](http://www.nonmetallic.org/member-companies); y
- La Asociación Americana de Fabricantes de Compuestos (ACMA) Consejo de Fabricantes de Varillas de Refuerzo FRP en <https://tinyurl.com/md2bvpv7>.

Las varillas de refuerzo de GFRP normalmente se pueden adquirir a través de distribuidores locales y regionales. Sin embargo, en ocasiones las cantidades mayores pueden comprarse directamente al fabricante. Recientemente, las varillas de refuerzo GFRP han comenzado a estar disponibles en tiendas de materiales y herramientas para el hogar (tipo “big-box”), lo que hace que el refuerzo libre de corrosión sea más accesible y disponible para su adopción en las obras de construcción cotidianas.

**P2.** *Es confuso para la comunidad de diseño y construcción tener varillas con diferentes perfiles superficiales. ¿Debería eso hacerme dudar sobre su utilización?*

**R2.** Similarmente a la evolución del acero de refuerzo a principios del siglo XX cuando habían varias diferencias en patentes de los patrones superficiales, el refuerzo GFRP está evolucionando su perfil superficial. Para el acero, hemos escuchado de varillas Ransome que tienen una sección transversal cuadrada y están torsionadas a lo largo de su longitud; sin embargo, también existen las varillas con resaltes (lug bars), varillas corrugadas, varillas torsionadas y muchas otras variaciones para lograr el perfil superficial necesario que garantiza la adherencia y el comportamiento integral con el concreto alrededor.

Un artículo de la revista *STRUCTURE*<sup>1</sup> detalla un resumen de referencia del Instituto de Acero de Refuerzo (CRSI. Concrete Reinforcing Steel Institute por sus siglas en inglés)<sup>2</sup> que detalla más de 40 perfiles superficiales comerciales disponibles al principio del siglo XX.

Como se indicó en la Parte 1 de esta serie de preguntas y respuestas<sup>3</sup>, las especificaciones de materiales de ASTM International establecieron una resistencia mínima de adherencia de acuerdo con los métodos de prueba estandarizados ASTM. Estas especificaciones de materiales no detallan ni limitan el perfil superficial de las varillas de refuerzo de GFRP. Actualmente, existen varillas recubiertas de arena (sand-coated), varillas con un filamento enrollado alrededor del exterior para crear una superficie con deformaciones onduladas, varillas envueltas y varillas con ranuras helicoidales. Estos perfiles superficiales fueron optimizados para la manufactura por los productores de sus respectivas varillas. Con el tiempo, es probable que la industria de varillas de refuerzo de GFRP logre alinearse para limitar las variaciones permitidas.

**P3.** *¿Qué debería saber sobre las diferencias en las propiedades de los materiales entre los fabricantes de las varillas GFRP?*

**R3.** De acuerdo con las especificaciones de materiales de CSA Group<sup>4</sup>, las varillas de refuerzo de GFRP se designan por grado (Grado I, II y III); el grado se basa en el módulo de elasticidad. Asimismo, en las especificaciones de materiales de ASTM International, que incluyen ASTM D7957<sup>5</sup> y ASTM D8505/D8505M<sup>6</sup>, las varillas de refuerzo de GFRP se diferencian por su módulo de elasticidad. Esto es similar a los grados de las varillas de acero, que se basan en el límite elástico; sin embargo, el refuerzo GFRP se basa en el módulo de elasticidad porque este material no presenta un comportamiento de fluencia bajo carga.

Dado que es probable que no se identifique al fabricante de las varillas de GFRP al momento del diseño, un enfoque conservador para los proyectistas es diseñar según las propiedades mínimas de las especificaciones de materiales. Luego, dependiendo del elemento y del grado de refinamiento posible, se pueden recalcular los valores con las propiedades específicas del fabricante, ya que el reglamento Código ACI-440.1I-22<sup>7</sup>, permite el uso de las propiedades de un fabricante específico, en lugar de

los mínimos del ASTM D7957/D7957M en el diseño de elementos de concreto reforzado con GFRP. Se recomienda que los diseñadores se familiaricen con los fabricantes de varillas GFRP que suministran en su área geográfica. La disponibilidad de tamaños específicos de varillas y detalles (por ejemplo, ganchos y dobleces) pueden variar. Es fundamental comprender qué es factible y qué está disponible para cualquier proyecto de concreto reforzado con GFRP, tal como ocurre con cualquier otro material de construcción.

La industria está trabajando para simplificar esto para los diseñadores, tanto con programas de software actualmente en desarrollo como con mayor guía y asistencia de diseño. También deben considerarse las diferencias en las propiedades del material según el diámetro de las varillas, lo cual podría simplificarse mediante ayudas de diseño.

**P4.** *Comparado con el acero ¿qué tanto más refuerzo GFRP se requiere? He escuchado que es hasta una relación 2:1.*

**R4.** En general, los diseños de concreto reforzado con GFRP se rigen por el estado límite de servicio y, como tal, es típico que se requiera entre un 10 y un 20 % de refuerzo adicional. Sin embargo, existen aplicaciones donde las necesidades de refuerzo entre las varillas de acero y las de GFRP serán equivalentes. El ACI publicó una serie de ejemplos de diseño en el MNL-7(23), Manual de diseño de concreto reforzado con GFRP, (*GFRP-Reinforced Concrete Design Handbook*<sup>8</sup>), el cual tiene como objetivo reflejar los ejemplos del MNL-17(21), Manual de diseño de concreto reforzado del ACI (*ACI Reinforced Concrete Design Handbook*<sup>9</sup>).

Los ejemplos de diseño tanto en el MNL-17 como en el MNL-7 se basan en edificios ficticios. El MNL-17 se basa en el diseño de un edificio de concreto reforzado con acero de siete pisos según el Código ACI-318-19<sup>10</sup>. En el MNL-7(23), los problemas de ejemplo se basan en el diseño de varios elementos en un edificio de concreto reforzado con GFRP de cuatro pisos. No obstante, la planta básica y el sistema estructural del edificio presentado para el concreto reforzado con GFRP son los mismos que los del edificio en el MNL-17. La intención es permitir la comparación entre elementos diseñados con refuerzo GFRP y elementos diseñados con varillas de acero en el MNL-17.





MNL-7(23)



Además, el ACI PRC-440.1-15, "Guide for the Design and Construction of Structural Concrete Reinforced with Fiber-Reinforced Polymer (FRP) Bars",<sup>11</sup> utiliza ejemplos de diseño de la publicación del American Cement Association (ACA) titulada *Notes on ACI 318-08 Building Code Requirements for Structural Concrete*<sup>12</sup>. Ambos recursos de diseño se desarrollaron con la intención de que los proyectistas pudieran establecer comparaciones de diseño entre el concreto reforzado con acero y el concreto reforzado con GFRP. Se recomienda al lector revisar estos ejemplos para realizar dicha comparación.

**P5.** *¿Es cierto que con anchos de fisura permitidos mayores, los diseños de concreto reforzado con GFRP resultan en un agrietamiento antiestético?*

**R5.** A fines comparativos, las disposiciones de control de agrietamientos para el refuerzo de acero en el Código ACI-318 corresponden a un ancho de fisura máximo de aproximadamente 0.018 pulg., independientemente de la condición de exposición. Los anchos de fisura aceptables en elementos de concreto reforzados con GFRP son mayores que los de los elementos reforzados con acero. En situaciones donde los anchos de fisura se limitan por razones estéticas, un rango de 0.016 a 0.028 pulg. es generalmente aceptable. Los límites máximos de espaciamiento de varillas establecidos

en el Código ACI-440.11 se basan en limitar el ancho de fisura a 0.028 pulg. Independientemente del tipo de refuerzo, en los casos en que el profesional de diseño considere apropiado un ancho de fisura máximo más restrictivo, los coeficientes numéricos en las ecuaciones de espaciamiento de refuerzo pueden ajustarse. Tras décadas de investigación, se determinó que los factores principales que afectan el ancho de las fisuras son el recubrimiento de concreto, el espaciamiento del refuerzo y las características de adherencia del refuerzo; esto es válido tanto para el acero como para el GFRP. Aunque los anchos de fisura permitidos son nominalmente mayores según la filosofía del Código ACI-440.11 de 0.028 pulg. frente a 0.018 pulg., ambos siguen siendo bastante pequeños.

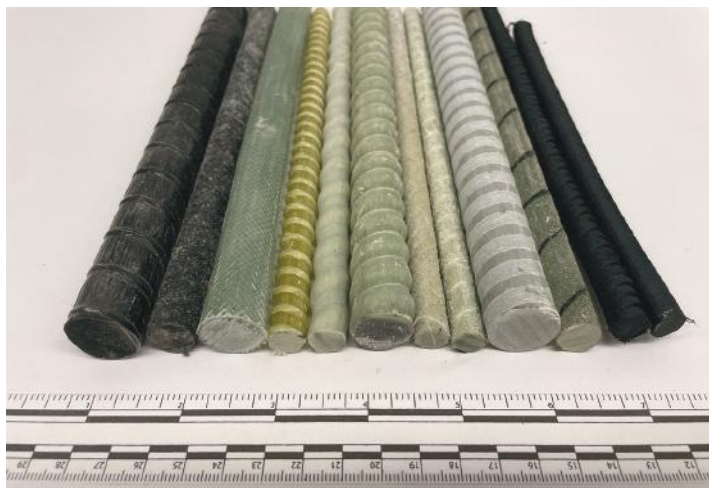
El ancho de fisura está intrínsecamente sujeto a una gran dispersión, incluso en detallados trabajos de laboratorio, y se ve influenciado por la contracción y otros efectos dependientes del tiempo. Se obtiene un mejor control de la fisuración cuando el refuerzo está bien distribuido sobre la zona de máxima tensión del concreto. Varias varillas a un espaciamiento moderado son mucho más efectivas para controlar el agrietamiento que una o dos varillas más grandes de área equivalente. El control de fisuración basado en la distribución del refuerzo y las buenas prácticas de construcción (incluyendo proporciones de mezcla y métodos de curado adecuados) son consideraciones importantes independientemente del tipo de refuerzo.

Aunque se diseñaron utilizando la Guía de Diseño de AASHTO<sup>13</sup> y no el Código ACI-440.11, los puentes constituyen algunas de las primeras estructuras de concreto reforzado con GFRP en los Estados Unidos; mientras que, en los edificios, las salas de resonancia magnética (MRI) aprovecharon su transparencia magnética. Por regulación federal, todos los puentes de EE. UU. deben inspeccionarse al menos cada 2 años. Esto incluye calificaciones de condición (incluyendo el examen de fisuras) para el tablero del puente y otros elementos estructurales, así como calificaciones de evaluación documentadas y reportadas a la Administración Federal de Carreteras (FHWA). El Inventario Nacional de Puentes (NBI) de la FHWA alberga la base de datos de esta información en <https://catalog.data.gov/dataset/national-bridge-inventory-abd5a>. Sabemos por los datos de inspección obligatoria del NBI y de manera anecdótica que los puentes diseñados y construidos con refuerzo GFRP a finales de los 90 y principios de los 2000 reportan calificaciones satisfactorias. Estos puentes tienen más de 20 años de servicio y les quedan muchos más por delante.

**P6.** He escuchado que ahora se puede fabricar concreto con agua de mar. ¿No sería eso contraintuitivo?

**R6.** El uso de agua de mar como agua de mezclado para el concreto estructural solo es contraintuitivo si se asume que el concreto debe

estar reforzado con varillas de acero, lo cual ya no es necesariamente el caso. Gran parte del concreto en el mundo es concreto simple o no estructural, y si consideramos además el uso de refuerzo GFRP, el paradigma cambia. El International Code Council (ICC) publicó en junio de 2025 el documento AC574-24, "Acceptance Criteria for Seawater Concrete for Use in Plain or FRP-Reinforced Concrete Members"<sup>14</sup>. Esto permite el uso de agua de mar bajo el Código Internacional de Edificación<sup>15</sup> (IBC) de 2024 y el Código Internacional Residencial<sup>16</sup> (IRC) de 2024 (así como en versiones anteriores) a través de las disposiciones para materiales alternativos. El documento de criterios de aceptación (AC) describe la composición química del agua de mar, así como la forma de identificar la fuente. Además, el AC establece los requisitos para las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido.



**Fig. 1: Ejemplos de varillas FRP**  
(foto cortesía de la Universidad de Miami)

Este es un avance importante debido a los esfuerzos de sostenibilidad en torno al agua dulce y la arena como recursos globales. Según la U.S. Bureau of Reclamation, solo el 3 % del agua de la Tierra es agua dulce. Una cantidad significativa de esa agua se encuentra actualmente aislada en glaciares y acuíferos profundos, dejando solo el 0.5 % del agua en la Tierra como agua dulce disponible.<sup>17</sup> Según un informe de 2022<sup>18</sup> del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), el uso global de arena se ha triplicado aproximadamente en los últimos 20 años y continúa aumentando a un

ritmo insostenible: aproximadamente un 6 % anual. El crecimiento demográfico y económico, la tendencia global hacia la urbanización y el cambio climático son factores que contribuyen a esto. El Comité ACI 243, Seawater Concrete, está en proceso de publicar el "Report on Seawater-Mixed Concrete", un documento que resume la práctica actual a nivel mundial para el uso de agua de mar y agregados de origen marino en el concreto. El informe tiene como objetivo detallar el conocimiento actual, así como las brechas de conocimiento, al tiempo que destaca varios proyectos de demostración y aplicaciones de campo. El informe se encuentra actualmente bajo revisión por el Comité de Asesoría Técnica (TAC) del ACI y se prevé su publicación en 2026.

## Referencias

1. Elliott, M., "Introducing and Using CRSI's New 'Treatise,'" STRUCTURE, Sept. 2014, [www.structuremag.org/article/introducingand-using-crsi-new-treatise](http://www.structuremag.org/article/introducingand-using-crsi-new-treatise). (last accessed Jan. 9, 2026)
2. CRSI, Vintage Steel Reinforcement in Concrete Structures, first edition, Concrete Reinforcing Steel Institute, Schaumburg, IL, 2014, 352 pp.
3. Kleinhans, D., "Concrete Q&A: GFRP Misconceptions—Part 1," Concrete International, V. 47, No. 10, Oct. 2025, pp. 93-96. doi: 10.14359/51749217
4. CSA S807:19, "Specification for Fibre-Reinforced Polymers," CSA Group, Toronto, ON, Canada, 2019, 67 pp.
5. ASTM D7957/D7957M-22, "Standard Specification for Solid Round Glass Fiber Reinforced Polymer Bars for Concrete Reinforcement," ASTM International, West Conshohocken, PA, 2022, 5 pp.
6. ASTM D8505/D8505M-23, "Standard Specification for Basalt and Glass Fiber Reinforced Polymer (FRP) Bars for Concrete Reinforcement," ASTM International, West Conshohocken, PA, 2023, 8 pp.
7. ACI Committee 440, "Building Code Requirements for Structural Concrete Reinforced with Glass Fiber-Reinforced Polymer (GFRP) Bars—Code and Commentary (ACI CODE-440.1R-22)," American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2023, 260 pp.
8. ACI MNL-7(23), GFRP-Reinforced Concrete Design Handbook, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2023, 212 pp.
9. ACI MNL-17(21), ACI Reinforced Concrete Design Handbook, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2021.
10. ACI Committee 318, "Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-19) and Commentary (ACI 318R-19)," American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2019, 624 pp.

11. ACI Committee 440, "Guide for the Design and Construction of Structural Concrete Reinforced with Fiber-Reinforced Polymer Bars (ACI PRC-440.1-15)," American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2015, 88 pp.
12. Kamara, M.E.; Novak, L.C.; and Rabbat, B.G., Notes on ACI 318-08 Building Code Requirements for Structural Concrete, American Cement Association, Washington, DC, 2008, 1508 pp.
13. AASHTO, "AASHTO LRFD Bridge Design Guide Specifications for GFRP-Reinforced Concrete Bridge Decks and Traffic Railings," second edition, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, DC, 2018, 121 pp.
14. AC574-24, "Acceptance Criteria for Seawater Concrete for Use in Plain or FRP-Reinforced Concrete Members," ICC Evaluation Service, LLC, Brea, CA, June 2025, 8 pp.
15. ICC, "2024 International Building Code (IBC)," International Code Council, Washington, DC, 2024.
16. ICC, "2024 International Residential Code (IRC)," International Code Council, Washington, DC, 2024.
17. BOR, "Water Facts - Worldwide Water Supply," U.S. Bureau of Reclamation, Washington, DC, Nov. 4, 2020, [www.usbr.gov/mp/arwec/water-facts-ww-water-sup.html](http://www.usbr.gov/mp/arwec/water-facts-ww-water-sup.html). (last accessed Jan. 9, 2026)
18. UNEP, "Sand and Sustainability: 10 Strategic Recommendations to Avert a Crisis," UN Environment Programme, Nairobi, Kenya, Apr. 2022, [www.unep.org/resources/report/sand-and-sustainability-10-strategic-recommendations-avert-crisis](http://www.unep.org/resources/report/sand-and-sustainability-10-strategic-recommendations-avert-crisis). (last accessed Jan. 9, 2026)

Gracias a Danielle Kleinhans, FACI, Directora de Ingeniería y Desarrollo de Negocios de Mateenbar Composite Reinforcements, LLC, Charlotte, NC, EE. UU., por proporcionar las respuestas a estas preguntas.

Título original en inglés:  
**Concrete Q&A  
GFRP Misconceptions—Part 3**

**La traducción de este artículo  
correspondió al Capítulo México  
Noroeste**



*Traductor:*  
**Est. Emiliano  
Martínez Villalobos**



*Revisor Técnico:*  
**Ing. Oscar Ramírez  
Arvizu**





**CONCRETO**  
LATINOAMÉRICA