

CONCRETO LATINOAMÉRICA

VOLUMEN VI | NÚMERO 6 | JUNIO 2025

Concreto autocompactante compuesto y
columnas de concreto impresas en 3D

Por Johan L. Silfwerbrand

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

Ing. José Alfredo Rodríguez Campos

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



En 2024, la industria del concreto celebró el 200° aniversario de la patente del cemento Portland por Joseph Aspdin. Los métodos utilizados para producir concreto han evolucionado, y hoy existe un gran esfuerzo por reducir la huella climática del concreto, mediante la sustitución parcial del cemento con materiales cementantes suplementarios. También se han desarrollado nuevas técnicas para la producción de concreto. La compactación mediante vibración, intensiva en mano de obra, ahora puede omitirse usando concreto autocompactable (SCC) o mediante la aplicación de impresoras tridimensionales (3D). En el proyecto de investigación presentado aquí, y que se aprecia en la fotografía de nuestra portada, ambas técnicas se han combinado en el colado de columnas. La tecnología de columnas compuestas de concreto con encofrados permanentes impresos en 3D (3DPC) rellenos con concreto autocompactable (SCC) es prometedora. Las columnas desarrollaron capacidades portantes equivalentes a las de columnas homogéneas. (Para mayor información ver artículo 1 de éste número de la revista)

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 Junio de 2025. 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. Anakaren Lozano González

"Agradecemos el apoyo a la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Autónoma de Nuevo León por su colaboración en el diseño editorial de la revista".

Diseño Editorial: Comunicación e Imagen Institucional FIC-UANL

REVISORES EDITORIALES

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

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



¡Únete hoy!

Conoce tu capítulo local ACI
300+ Capítulos profesionales y estudiantiles
www.concrete.org



CONTENIDO

1 | **Concreto autocompactante compuesto y columnas de concreto impresas en 3D**

Por Johan L. Silfwerbrand

4 | **Descarbonización de AGC Guía Práctica**

Un recurso para ayudar a las empresas de construcción a evaluar, rastrear y reducir las emisiones de gas de efecto invernadero

2 | **Punto de vista Reflexiones sobre los Registros de Elongación en el Postensado**

Por Bryan Allred, Frank Malits y Neel Khosa

5 | **Preguntas y Respuestas. Coeficiente de Fricción para Superficie de Contacto No Intencionalmente Rugosa y Verificación de Cumplimiento de Requisitos para Rugosidad Intencional según la Tabla 22.9.4.2 del CÓDIGO ACI -318**

3 | **Proyecto de Mejora de la Interestatal 17 para Aliviar la Congestión y Mejorar el Tráfico Vehicular en Arizona**

PERI USA proporciona encofrado/apuntalamiento para la ampliación de puentes y carreteras

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

Tu solicitud y artículo serán evaluados para su publicación.

01

Concreto autocompactante compuesto y columnas de concreto impresas en 3D

Por Johan L. Silfwerbrand

En 2024, la industria del concreto conmemoró el 200 aniversario de la patente del cemento portland de Joseph Aspdin. Los métodos utilizados para producir concreto se han desarrollado sucesivamente desde entonces, y gran parte de la investigación se centra actualmente en la reducción de la huella climática del concreto, principalmente mediante la sustitución de partes del cemento por subproductos industriales y otros agregados alternativos (materiales cementicios suplementarios [SCM, por sus siglas en inglés]).

En las últimas décadas también se han desarrollado nuevas técnicas para producir concreto. La compactación mediante vibración, que es un trabajo intensivo de mano de obra, ahora puede omitirse mediante el uso de concreto autocompactante [SCC, por sus siglas en inglés] o mediante la aplicación de impresoras tridimensionales (3-D). En el proyecto de investigación que presentamos aquí se han combinado ambas técnicas en el colado de columnas.

Tradicionalmente, las columnas de concreto se han fabricado colocando concreto en un molde de madera o acero. Mientras que los moldes de acero pueden utilizarse varias veces, los de madera, como mucho, hasta dos o tres veces. Para cualquiera de los dos materiales, la fabricación y la extracción del molde requieren tiempo y mano de obra, y la eventual sustitución del molde conlleva un aumento del uso de material y de los costos de transporte. Una nueva alternativa, investigada en este proyecto, es un molde permanente de concreto impreso en 3D [3DPC, por sus siglas en inglés] en el que se vierte un núcleo con SCC.

El 3DPC puede servir para proteger la armadura de la corrosión y el fuego. Si puede demostrarse la acción compuesta entre el 3DPC y el SCC en las columnas, toda la sección transversal compuesta puede tenerse en cuenta para la capacidad de carga, lo que justifica aún más la omisión del costoso y laborioso molde.

Uno de los problemas de la tecnología 3DPC actual es su alto contenido de cemento debido al pequeño tamaño máximo de los agregados que requieren la mayoría de las boquillas de impresión. Sin embargo, si la envoltura de 3DPC puede hacerse delgada y su alto contenido de cemento puede utilizarse para proporcionar una densa cobertura de concreto para el refuerzo en un núcleo de SCC con contenido moderado de cemento, el contenido total de cemento por volumen de columna compuesta puede ser comparativamente bajo, lo que resulta en una solución duradera y sostenible.

Para estudiar tanto la capacidad de carga como la durabilidad de este tipo de columnas, se realizaron pruebas con seis columnas y muchos núcleos en el Real Instituto de Tecnología KTH (KTH) de Estocolmo (Suecia), en colaboración con los Institutos de Investigación de Suecia (RISE) y dos empresas suecas, ConcretePrint y Heidelberg Materials Betong Sverige.

Investigaciones anteriores

Poco se ha investigado anteriormente en las columnas de material compuesto formadas por moldes 3DPC y núcleos de SCC.¹⁻⁵ Las referencias 1 y 2 tratan principalmente de las posibilidades arquitectónicas y estéticas que ofrece esta tecnología.

Zhu et al.³ ensayaron columnas de material compuesto de 600 mm (24 pulgadas) de altura y columnas homogéneas de 250 mm (10 pulgadas) de diámetro con resultados prometedores. Los resultados de sus pruebas de carga indicaron que el molde 3DPC de 25 mm (1 pulg.) de grosor contribuía a la capacidad de carga de las columnas de material compuesto.

Chen et al.⁴ ensayaron las columnas de concreto compuesto de 630 mm (25 pulg.) de altura con una sección transversal cuadrada y una longitud lateral de 280 mm (11 pulg.). Los autores no tuvieron en cuenta la contribución del molde 3DPC de 60 mm (2,4 pulg.) de grosor al calcular la capacidad de carga, pero las cargas de fallo medidas indicaron que el molde contribuía sustancialmente.

En KTH se realizaron dos estudios piloto antes del proyecto de investigación actual.⁶ El objetivo era estudiar las posibilidades de producir las columnas de material compuesto hechas de moldes 3DPC rellenos de SCC. En el segundo estudio piloto, se moldearon tres columnas de material compuesto de 500 mm (20 pulgadas) de diámetro y 2,4 m (8 pies) de altura. El espesor del molde 3DPC era de 50 mm (2 pulgadas). Las pruebas demostraron que era posible fabricar estas columnas de material

compuesto (la presión ejercida por el SCC no provocó grietas ni fugas en el molde 3DPC). Los prometedores resultados de los estudios piloto condujeron a un programa de investigación más amplio, que se describe en la sección siguiente.

Programa de investigación

La investigación consistió en 15 pasos (véase la Tabla 1) realizados entre agosto de 2023 y enero de 2024. Tanto los moldes 3DPC como los núcleos de SCC de las columnas compuestas, así como las probetas para las pruebas de resistencia y durabilidad, se moldearon en la planta de concreto premezclado de Heidelberg en Tumba, un suburbio al sur de Estocolmo. Las pruebas de carga de las columnas se realizaron en el laboratorio de ingeniería estructural de RISE en Borås, a 405 km al suroeste de Estocolmo. Las proporciones de la mezcla para el 3DPC y el SCC se indican en la tabla 2. La clase de resistencia prevista para el SCC era C28/35 según la norma europea (resistencia a la compresión del cilindro de 28 MPa [4,060 psi]). Dado que el 3DPC tenía una relación agua-cemento (w/c) inferior, se preveía que su resistencia sería un 20% superior.



Fig. 1: Moldes de 3DPC y cartón antes del colado del SCC. Un molde rectangular de 3DPC es visible en la parte inferior izquierda de la imagen. Este molde fue utilizado para permitir la extracción de los núcleos de concreto para las pruebas subsecuentes de durabilidad.

Tabla 1:
Fases y fechas

No.	Fase	Fecha	Edad*, días
1	Impresión de moldes 3DPC	23 de agosto de 2023	—
2	Instalación de refuerzos con medidores de tensión	septiembre de 2023	—
3	Fundición / Colado de cilindros con la mezcla 3DPC	14 de septiembre de 2023	—
4	Fundición / Colado de SCC	22 de septiembre de 2023	—
5	Pruebas de resistencia a la compresión y módulo E del 3DPC	Del 12 al 13 de octubre de 2023	28 a 29
6	Pruebas de resistencia a la compresión y módulo E de SCC	20 de octubre de 2023	28
7	Pruebas de resistencia a la compresión del SCC	2 de noviembre de 2023	41
8	Transporte de las columnas a RISE	24 de octubre de 2023	32 y 62
9	Pruebas de penetración de cloruros	31 de octubre de 2023	69
10	Pruebas de carga de las columnas	31 de octubre al 3 de noviembre de 2023	39 a 42 y 69 a 72
11	Extracción de núcleos de las columnas	6 al 10 de noviembre de 2023	45 a 49 y 75 a 79
12	Pruebas de extracción (Pullout)	13 y 15 de noviembre de 2023	52 a 54 y 82 a 84
13	Pruebas de resistencia a la compresión y módulo E de 3DPC	22 al 23 de noviembre de 2023	69 a 70
14	Pruebas de congelación y descongelación	Del 9 de noviembre de 2023 al 4 de enero de 2024	78 a 134
15	Pruebas de carbonatación	del 3 de noviembre de 2023 al 12 de enero de 2024	72 a 142

*Las edades o rangos dobles se correlacionan con SCC y 3DPC, respectivamente.

Tabla 2:
Proporciones de mezcla para el 3DPC y el SCC

Ingredientes	3DPC		SCC	
	kg/m ³	lb/yd ³	kg/m ³	lb/yd ³
Cemento (CEM I*)	625	1,053	—	—
Cemento (CEM II/A-LL†)	—	—	325	548
Relleno de piedra caliza	—	—	83	140
Agua	312	526	195	329
Gravilla (0 a 4 mm [0 a 0.16 pulg.])	1,350	2,275	—	—
Gravilla (0 a 8 mm [0 a 0.32 pulg.])	—	—	1,032	1,739
Gravilla (8 a 16 mm [0 a 0.64 pulg.])	—	—	685	1,155
Aditivo inclusor de aire	1.25	2	—	—
Aditivo reductor de agua de alto rango	>0‡	—	4.45	—
Aditivo acelerante	>0‡	—	—	—
Otros productos químicos	>0‡	—	—	—
Suma	2,288	3,857	2,324	3,917
w/c	0.5	—	0.6	—

*Contiene 95% de cemento portland

†Contiene >80% de cemento portland y <20% de relleno de piedra caliza.

‡Las marcas y los volúmenes son patentados

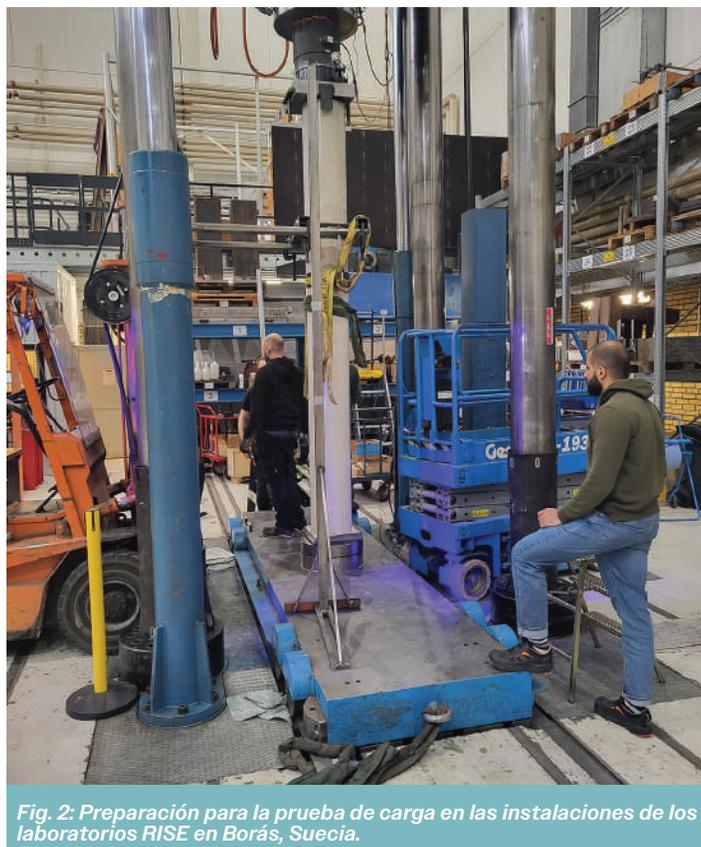


Fig. 2: Preparación para la prueba de carga en las instalaciones de los laboratorios RISE en Borås, Suecia.

Pruebas de carga

El proyecto de investigación incluía la realización de pruebas de carga en cuatro columnas de concreto compuesto y dos de concreto homogéneo (Fig. 1). Las columnas tenían una altura de 3 m (10 pies) y una sección transversal circular de 300 mm (12 pulgadas) de diámetro. Las columnas compuestas consistían en un molde 3DPC de 40 mm (1.6 pulgadas) de espesor que se rellenoó con SCC. Las columnas homogéneas se fundieron con el mismo SCC. Todas las columnas se reforzaron con cuatro barras verticales de 8 mm (0.3 pulgadas) de diámetro y diez estribos de 5 mm (0.2 pulgadas) de diámetro. Las resistencias a compresión probadas fueron de 56 MPa y 44 MPa (8,120 psi y 6,380 psi) para el 3DPC y el SCC, respectivamente.

Las columnas estaban simplemente apoyadas tanto en la parte superior como en la inferior (Fig. 2). Se les aplicó una carga hidráulica colocada en el centro, que se aumentó continuamente con incrementos de 350 kN (78.7 kip) hasta el fallo. Para las columnas que mostraban la carga de falla más alta, el fallo se produjo después del sexto incremento de carga, aproximadamente a los 24 minutos.

En un estudio anterior,⁷ las pruebas de columnas de tubos de acero rellenos de concreto (sin unión entre el acero y el concreto) mostraron que sólo el tubo de acero aguantaba la carga cuando ésta se aplicaba únicamente sobre el tubo de acero (sin carga sobre el núcleo de concreto). En nuestra investigación, queríamos comprobar si existe alguna

diferencia entre las columnas de tubo 3DPC rellenas de SCC para las que se carga toda la sección transversal (Grupo A, 300 mm [11.8 pulgadas] de diámetro de carga) y columnas similares para las que sólo se carga el área del núcleo de SCC (Grupo B, 200 mm [7.9 pulgadas] de diámetro de carga). En cada grupo se incluyeron dos columnas mixtas y una columna homogénea.

Los resultados de las pruebas de carga se resumen en la Tabla 3. Según nuestras observaciones:

- Para las columnas cargadas en toda la sección transversal (Grupo A), la capacidad de carga de las columnas mixtas fue igual a la de la columna homogénea;
- Para las columnas en las que sólo se cargó una parte central de la sección transversal (Grupo B), las columnas de material compuesto también desarrollaron una capacidad de carga igual a la de la columna homogénea;
- Las columnas del grupo B desarrollaron sólo el 60% de la capacidad de carga obtenida de las columnas del grupo A;
- Ninguna de las columnas desarrolló una capacidad de carga cercana al valor previsto de 3,100 kN (697 kip), calculado como el área de la sección transversal multiplicada por la resistencia a la compresión medida; y
- El modo de fallo fue similar en todas las columnas (Fig. 3), y el fallo por compresión apareció repentinamente.

En el informe del laboratorio⁸ se exponen las observaciones tercera y cuarta. La resistencia del SCC en los núcleos estrechos de las columnas podría haber sido inferior a la medida en los cilindros de control, y podría haberse producido una excentricidad involuntaria, a pesar de los esfuerzos de los técnicos por evitarla. Es probable que la excentricidad fuera mayor en el Grupo B que en el Grupo A, lo que da una posible explicación a la tercera observación. La esbeltez relativamente baja de las columnas, relación altura-diámetro de 10, implica que el pandeo puede excluirse como explicación.



Fig. 3: Columna nº III después del fallo

Sin embargo, la primera y la segunda observación son las más interesantes. Muestran que las columnas de material compuesto eran tan resistentes como las homogéneas, e indican una unión suficiente entre el núcleo de SCC y el molde 3DPC. Esto también se confirmó con las pruebas de arranque (tomadas de las partes intactas de las columnas de material compuesto después de las pruebas de carga), que dieron como resultado una resistencia media de la unión de 1.75 MPa (254 psi), lo que supera considerablemente los valores frecuentes de la resistencia de la unión requerida de 1 MPa (145 psi), utilizada a menudo en Europa.

Tabla 3:
Cargas últimas y deformaciones

Grupo	Diámetro de la zona de carga, mm (pulg.)	Nº de columna	Tipo de columna	Carga de rotura, kN (kip)	Deformación en carga de rotura, mm (pulg.)
A	300 (12)	I	Compuesto	2,240 (504)	6.8 (0.27)
		IV	Compuesto	2,529 (508)	8.2 (0.33)
		V	Homogéneo	2,074 (466)	14.7 (0.58)
B	200 (8)	II	Compuesto	1,410 (317)	3.1 (0.12)
		III	Compuesto	1,411 (317)	4.6 (0.18)
		VI	Homogéneo	1,370 (308)	4.3 (0.17)

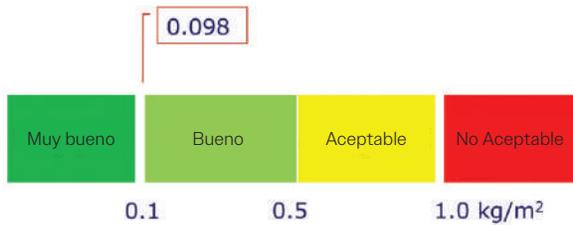


Fig. 4: Masa de descamación después de las pruebas de congelación y descongelación según la clasificación de la norma sueca SS 137244:20199 (Nota: $1 \text{ kg/m}^2 = 0.21 \text{ lb/ft}^2$)

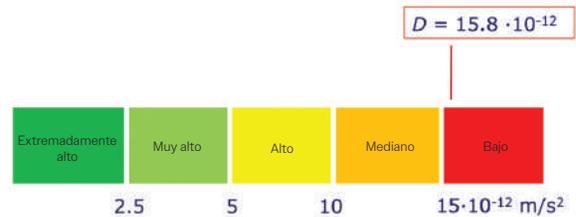


Fig. 5: Coeficiente de migración de cloruros D en relación con la clasificación utilizada (Nota: $1 \text{ m}^2/\text{s} = 10.76 \text{ ft}^2/\text{s}$)

Pruebas de durabilidad

En la actualidad, el 3DPC tiene un tamaño máximo de agregado pequeño y un alto contenido de pasta de cemento. Por lo general, la relación w/c es baja, lo que da como resultado un alto contenido de cemento pero también un concreto denso, que generalmente proporciona una buena durabilidad.

En nuestro trabajo, se investigó la durabilidad del molde 3DPC que funciona como cubierta de concreto para el refuerzo de las columnas mediante pruebas de congelación y descongelación y la evaluación de la resistencia a la carbonatación y la migración de cloruros. Los ensayos de congelación y descongelación se llevaron a cabo de acuerdo con la norma sueca SS 137244:2019,⁹ que requiere 56 ciclos de 24 horas entre $+20^\circ\text{C}$ y -20°C ($+68^\circ\text{F}$ y -4°F). El volumen acumulado de masa escamada se midió después de 7, 14, 28, 41 y 56 días. Los resultados demostraron una «buena resistencia a las heladas» en el límite de la «muy buena resistencia a las heladas» según dicha norma (véase la Fig. 4).

La resistencia a la carbonatación se evaluó de acuerdo con la norma sueca y europea SS-EN 12390-12:2020.¹⁰ La profundidad de carbonatación se midió a los 7, 28 y 70 días. Esta prueba es una prueba acelerada porque la profundidad de carbonatación se mide en una cámara con una concentración de dióxido de carbono (CO_2) del 3%, aproximadamente 70 veces superior a la de la atmósfera actual ($415 \text{ ppm} = 0.04\%$). Sin embargo, se ha demostrado que este método de ensayo clasifica correctamente las mezclas de concreto.¹¹ En nuestros estudios, se midió una profundidad de carbonatación de 4.6 mm (0.18 pulg.) después de 70 días. Este valor es ligeramente inferior a los de 6 a 12 mm medidos recientemente por Heidelberg Materials Betong Sverige y RISE para mezclas de concreto con el mismo tipo de cemento y un $w/c = 0.5$ a 0.6 .⁸

La resistencia a la migración de cloruros se midió según el método “Nordtest NT Build” 492.¹² Se trata también de un método de ensayo acelerado en el que la profundidad de penetración de cloruros se mide en probetas sometidas a una solución de NaCl al 10%. El método incluye el cálculo del coeficiente de migración de cloruros D , utilizando la función de error inversa para resolver la segunda ley de Fick. El valor medio obtenido para tres probetas analizadas fue de $15.8 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$ ($1.7 \times 10^{-10} \text{ ft}^2/\text{s}$). “NT Build” 492 no proporciona ninguna interpretación de los resultados. En su lugar, el valor obtenido puede compararse con los valores encontrados en la bibliografía.¹³ Se determinó que el resultado de la prueba se situaba entre la peor («Baja») y la segunda peor clase («Media») en una escala de cinco grados (véase la Fig. 5).

La resistencia limitada a la migración de cloruros podría atribuirse a la variación del grosor de las capas del molde impreso (más grueso en el centro de una capa impresa y más fino entre dos capas), así como a la porosidad de la capa intermedia entre dos capas, que es mayor que la de una capa individual.

Conclusiones

La tecnología de las columnas de concreto compuesto con moldes 3DPC permanentes rellenos de SCC es prometedora. Las columnas desarrollaron capacidades de carga correspondientes a las homogéneas. Las pruebas de extracción mostraron que es posible desarrollar una resistencia de adherencia superior a 1 MPa (145 psi) entre el molde 3DPC y el SCC.

Muchas de las impresoras de concreto 3D actuales están provistas de boquillas que no pueden manipular mezclas de concreto con grandes partículas de agregados. Esto significa que la “tinta” contiene mucho cemento. Sin embargo, si el 3DPC rico en cemento puede combinarse con un SCC con un bajo contenido de cemento, seguirá siendo posible alcanzar los objetivos de sostenibilidad.

La idea detrás de los ensayos de durabilidad de esta investigación era evaluar un molde 3DPC denso que funcionara como cubierta de la armadura dentro

del núcleo de SCC de las columnas. Los resultados de las pruebas indicaron que el molde 3DCP es resistente a las heladas y presenta una buena resistencia a la carbonatación. El asunto pendiente es la resistencia a la entrada de cloruros. Por el momento, las columnas de material compuesto no pueden utilizarse en aplicaciones marinas ni en casos de presencia de sales de deshielo. La capa intermedia entre dos capas impresas puede ser responsable de una resistencia insuficiente a la migración de cloruros. La impregnación con un agente hidrófobo -por ejemplo, silano o siloxano- puede ser una posible solución. Una mayor investigación y desarrollo de la mezcla de concreto y del proceso de impresión pueden resolver este problema.

Agradecimientos

Se agradece el apoyo financiero de Trafikverket (la Administración Sueca de Transportes) y SBUF (el Fondo de Desarrollo de la Industria Sueca de la Construcción) a través del contratista sueco NCC. El autor quiere dar las gracias a Tobias v. Haslingen de ConcretePrint, Jonas Carlswärd y Mats Emborg de Heidelberg Materials Betong Sverige, Mikael Hallgren de Tyréns, y Gürsel Hakan Taylan y Viktor Brolund de KTH por su importante contribución al éxito del proyecto.

Referencias

- Gaudillière, N.; Duballet, R.; Bouyssou, C.; Mallet, A.; Roux, P.; Zakeri, M.; and Dirrenberger, J., "Building Applications Using Lost Formworks Obtained Through Large-Scale Additive Manufacturing of Ultra-High-Performance Concrete," 3D Concrete Printing Technology, first edition, J.G. Sanjayan, A. Nazari, and B. Nematollahi, eds., Butterworth-Heinemann, Oxford, UK, 2019, pp. 37-58.
- Anton, A.; Reiter, L.; Wangler, T.; Frangez, V.; Flatt, R.J.; and Dillenburger, B., "A 3D Concrete Printing Prefabrication Platform for Bespoke Columns," Automation in Construction, V. 122, Feb. 2021, 16 pp.
- Zhu, B.; Nematollahi, B.; Pan, J.; Zhang, Y.; Zhou, Z.; and Zhang, Y., "3D Concrete Printing of Permanent Formwork for Concrete Column Construction," Cement and Concrete Composites, V. 121, Aug. 2021, 15 pp.
- Chen, Y.; Zhang, W.; Zhang, Y.; Yu, Z.; Liu, C.; Wang, D.; Liu, Z.; Liu, G.; Pang, B.; and Yang, L., "3D Printed Concrete with Coarse Aggregates: Built-in-Stirrup Permanent Concrete Formwork for Reinforced Columns," Journal of Building Engineering, V. 70, July 2023, 20 pp.
- Raza, S.; Triantafyllidis, Z.; Anton, A.; Dillenburger, B.; and Shahverdi, M., "Seismic Performance of Fe-SMA Prestressed Segmental Bridge Columns with 3D Printed Permanent Concrete Formwork," Engineering Structures, V. 302, Mar. 2024, 17 pp.
- Silfwerbrand, J., "Composite Concrete Columns with 3DP Concrete Forms," Proceedings of the 6th fib International Congress on Concrete Innovation for Sustainability, Oslo, Norway, June 2022, 10 pp.
- Grauers, M., "Composite Columns of Hollow Steel Sections Filled with High Strength Concrete," PhD thesis, Division of Concrete Structures, Department of Structural Engineering, Chalmers University of Technology, Gothenburg, Sweden, 1993, 237 pp.
- Silfwerbrand, J., "Samverkanspelare av 3D-utskrivna och självkompakterande betong - Laboratorieförsök" ("Composite column of 3D printed concrete and self-consolidating concrete - Laboratory tests"), Report, Division of Concrete Structures, Department of Civil and Architectural Engineering, KTH Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden, 2024, 67 pp. (in Swedish)
- SS 137244:2019, "Betongprovning - Hårdnad betong - Avflagnings vid frysning" ("Testing Concrete - Hardened Concrete - Scaling at Freezing"), fifth edition, Swedish Institute for Standards, Stockholm, Sweden, 2019, 20 pp. (in Swedish)
- SS-EN 12390-12:2020, "Testing Hardened Concrete - Part 12: Determination of the Carbonation Resistance of Concrete: Accelerated Carbonation Method," first edition, Swedish Institute for Standards, Stockholm, Sweden, 2020, 24 pp.
- Harrison, T.A.; Jones, M.R.; Newlands, M.D.; Kandasami, S.; and Khanna, G., "Experience of Using the prTS 12390-12 Accelerated Carbonation Test to Assess the Relative Performance of Concrete," Magazine of Concrete Research, V. 64, No. 8, July 2012, pp. 737-747.
- NT Build 492, "Concrete, Mortar and Cement-Based Repair Materials: Chloride Migration Coefficient from Non-Steady-State Migration Experiments," NORDTEST, Espoo, Finland, 1999, 8 pp.
- Nilsson, L.; Ngo, M.H.; and Gjörv, O.E., "High-Performance Repair Materials for Concrete Structures in the Port of Gothenburg," Proceedings of the 2nd International Conference on Concrete Under Severe Conditions 2: Environment and Loading (CONSEC '98), O. E. Gjörv, K. Sakai, and N. Banthia, eds., Tromsø, Norway, June 21-24, 1998, pp. 1193-1198.

Johan L. Silfwerbrand, FACI, es catedrático de ingeniería estructural y puentes en el KTH Royal Institute of Technology, Estocolmo, Suecia. Es miembro de los Comités ACI 123, Investigación y Desarrollos Actuales; 342, Evaluación de Puentes de Concreto y Elementos de Puentes; 345, Construcción y Preservación de Puentes; y 546, Reparación. También participa activamente en la Asociación Sueca del Concreto y en la Fédération Internationale du Béton (fib). Sus intereses de investigación incluyen los suelos industriales, el concreto con fibras, la reparación del concreto, las carreteras de concreto, el concreto autocompactante y el concreto y el fuego.



Título original en inglés:
**Composite SCC and 3-D-Printed
Concrete Columns**

**La traducción de este artículo
correspondió al Capítulo
Puerto Rico**



Traductora:
**Nicole Mejía
Borrero**



Revisora Técnica:
Anabel N. Merejildo

Reflexiones sobre los Registros de Elongación en el Postensado

Por Bryan Allred, Frank Malits y Neel Khosa

Durante las recientes convenciones del Instituto del Postensado (PTI) y del ACI, hemos escuchado quejas de muchos profesionales de la industria sobre la revisión de los registros de elongación en estructuras postensadas (PT). En todas las estructuras de concreto, la rentabilidad se ve fuertemente influenciada por el tiempo en que se realiza el ciclo de cimbrado. En las estructuras PT, la revisión y aprobación de los registros de elongación es un paso crítico dentro de cada ciclo de cimbrado.

Este artículo analiza la oportunidad de las revisiones, el propósito de las elongaciones y sus tolerancias, la evaluación de los registros de tensión y las expectativas razonables para las partes involucradas. Las opiniones expresadas se basan en décadas de experiencia acumulada de los autores en el diseño y la construcción de cientos de millones de pies cuadrados de estructuras PT, a lo largo de Estados Unidos y otros países.

Puntualidad de la Revisión

Antes de abordar cuestiones técnicas, empecemos por un tema administrativo: el tiempo requerido para revisar y devolver los registros llamémosle de tensión (elongación de tendones). El proceso de revisión puede variar significativamente en los Estados Unidos según los requisitos jurisdiccionales locales. En algunas áreas, el ingeniero estructural responsable o el profesional licenciado en diseño (LDP, por sus siglas en inglés) no necesita ser consultado si todas las elongaciones medidas están dentro de la tolerancia del 7% permitida por el Código ACI 318. En estos casos, el LDP solo debe intervenir en condiciones fuera de tolerancia. En otras áreas, las jurisdicciones locales exigen que el LDP revise y apruebe todos los registros de tensión, incluso si están dentro de la tolerancia, como requisito previo para cortar las colas de los tendones y retirar la cimbra.

En ambos casos, el ciclo de cimbrado se detiene hasta que el LDP responde, ya que los sistemas de cimbrado generalmente proporcionan el paso seguro necesario para cortar las colas de tendones. Los LDPs que tardan más de 2 días en revisar registros no priorizan los intereses del cliente, ya que estos retrasos aumentan el cronograma de construcción y los costos financieros del proyecto. Si esta falta de atención persiste, puede surgir una reclamación por retrasos, ya que el contratista también pierde tiempo significativo y dinero. En nuestra experiencia, se necesita menos de 60 minutos para revisar los registros de elongación de un colado. Por tanto, la revisión y resolución de estos registros debe tener alta prioridad en las oficinas de diseño.

Una revisión oportuna también permite completar más rápido el sistema de protección contra corrosión de los tendones. Desde el ACI 318-1¹, todo postensado estructural debe estar protegido contra la corrosión (Sección 18.22.4), por ejemplo, completamente encapsulado en grasa y envoltura plástica. Las colas de tendones, sin embargo, son de acero expuesto para permitir el tensionado. No se pueden cortar hasta que los registros sean aprobados, momento en el cual se instala la tapa de encapsulamiento para proteger el tendón y las cuñas asentadas. Cuanto más tiempo permanezca expuesto el acero, mayor es el riesgo de corrosión. Es de interés común, incluido el del LDP, proteger los extremos de los tendones lo antes posible.

Propósito de los Registros de Elongación

Transferir la fuerza desde los torones de preesfuerzo al concreto es fundamental para el desempeño de las estructuras PT. Los contratistas deben demostrar que cumplieron con los documentos contractuales, y el LDP y el funcionario de obra deben tener confianza en que el diseño estructural se ha implementado correctamente. El Código ACI 318-19, Sección 26.10.2(e), requiere dos acciones separadas para verificar la fuerza de preesfuerzo y las pérdidas por fricción²:

1. Comparar la elongación medida con un valor teórico calculado.
2. Verificar la fuerza del gato de tensionamiento mediante un manómetro, célula de carga o dinamómetro.

Estas acciones se usan de manera complementaria para verificar la otra.

El beneficio práctico de las elongaciones es que pueden observarse y medirse luego de instalar la fuerza PT. Si el inspector no estuvo presente durante el tensionado, no se registró la presión del manómetro u ocurrió algo imprevisto, aún pueden medirse las

elongaciones para estimar aproximadamente la fuerza del torón. Otra opción es realizar una prueba de desanclaje, que consiste en volver a tensar los torones y registrar la presión/fuerza en el momento de liberar las cuñas. Sin embargo, estas pruebas pueden dañar el tendón, por lo que es más eficiente y seguro medir la elongación en la cola del tendón y calcular la fuerza de forma indirecta. Por esta razón los reportes de elongación son valiosos para ingenieros, contratistas e inspectores. Sin embargo los valores de elongación deben ser bien entendidos y no utilizados para aumentar trabajo innecesario.

Antes del tensionado, el inspector coloca una regla de afinado contra el borde de la losa y marca el tendón expuesto. Después, se mide el desplazamiento de la marca (Figura 1): esta es la elongación registrada, que se anota para cada tendón. Esta medición tiene su propia tolerancia inherente, como cualquier otra.

Luego, la elongación medida se compara con el valor teórico, y la diferencia se documenta. Se recomienda incluir en el reporte los márgenes permitidos de $\pm 7\%$ respecto al valor teórico y el porcentaje de diferencia entre ambos. Esto ayuda al LDP a identificar rápidamente posibles problemas que puedan requerir la intervención del contratista y del proveedor de postensado para ser resueltos. Un informe típico debe incluir la identificación del torón (código de color), la ubicación en plano, la longitud de cada torón y la presión del gato medida con el manómetro.

Según el manual de certificación de plantas productoras de torones individuales no adheridos del PTI, 4(superíndice), los proveedores de postensado deben calibrar los gatos y los manómetros en intervalos que no excedan los seis meses. El manual también señala que las especificaciones del proyecto pueden requerir calibraciones a intervalos más frecuentes; recomendamos ampliamente que el LDP revise la calibración del equipo antes del inicio de la construcción.

Comprensión de la Tolerancia de Elongación del Código ACI 318

La fuerza en el tendón y la elongación teórica están relacionadas mediante la ecuación de resistencia de materiales $\Delta = P \times L / (A \times E)$, donde Δ es la elongación; P es, técnicamente, la fuerza promedio en el torón, pero los ingenieros normalmente la aproximan como la fuerza de anclaje indicada en la Sección 20.3.2.5.1 del ACI 318-19; L es la longitud del tendón de anclaje a anclaje; y A y E son el área de la sección transversal del torón y su módulo de elasticidad, respectivamente.

La elongación teórica para cada tendón es calculada por el proveedor de postensado utilizando las propiedades del material y la geometría específica del proyecto, y se presenta en los planos de instalación de PT (también llamados planos de taller).

Es importante que el LDP entienda que la fuerza en el torón no es proporcional de forma precisa a la elongación medida. Es común ver a los diseñadores hacer esta suposición —comprensible, pero errónea—. Aunque existe una correlación entre fuerza y elongación, un torón que se elonga menos de lo esperado no necesariamente tiene menos fuerza. Siempre habrá diferencias entre la elongación teórica y la real.



Fig. 1: Torones marcados con pintura con cuñas desasentadas antes de tensar.

Por ejemplo, los proveedores de PT suelen usar la distancia recta entre bordes de losa para calcular la longitud del tendón, pero en la realidad un tendón puede no estar perfectamente recto debido a penetraciones o aberturas. También hay imprecisiones por pérdidas por fricción, asentamiento de cuñas, la curvatura vertical real del tendón y las tolerancias de medición del inspector.

La tolerancia del 7% en elongaciones que establece el Código ACI existe desde hace décadas para tener en cuenta estos múltiples factores. No significa que el Código “aprueba” que solo se alcance el 93% de la fuerza de diseño, sino que reconoce que habrá diferencias pequeñas y que estas son esperadas y aceptables.

Registros de Elongación Fuera de Tolerancia

Cuando las elongaciones medidas se salen del rango permitido, el equipo de diseño y construcción debe identificar conjuntamente la causa. Generalmente, el proveedor de PT debe verificar nuevamente los cálculos de elongación revisando las propiedades de los materiales y otros datos de entrada. Por ejemplo, en un proyecto reciente, un cambio de última hora en la ubicación de una junta de construcción modificó la longitud real de los tendones respecto a la considerada en los cálculos de elongación. El problema se identificó rápidamente y se ajustaron los cálculos.

Si hay tendones rotos o desviaciones mayores, el proveedor de PT puede realizar un cálculo más complejo con fuerzas variables para entregar más información al equipo de diseño.

El contratista de concreto debe identificar anomalías como gatos defectuosos, deslizamiento en los anclajes, defectos locales en el concreto, u otros problemas que puedan afectar las elongaciones. El rol del LDP es determinar el impacto de posibles fuerzas deficientes en los tendones respecto al diseño estructural. Todas las partes deben colaborar en técnicas de reparación apropiadas para corregir el problema y minimizar los daños adicionales.

Efectos de los Tendones Cortos

Otro aspecto malinterpretado en los reportes de elongación son los resultados fuera de tolerancia para tendones de longitud corta. Pequeñas diferencias en elongaciones cortas pueden producir desviaciones porcentuales grandes. Por ejemplo, un torón de 6 m (20 pies) debería elongarse aproximadamente 41 mm (1-5/8 pulg). Pero una pérdida adicional de asiento de cuña de solo 4.7 mm (3/16 pulg) generaría una desviación fuera de tolerancia del 12%.

Esta condición podría indicar erróneamente una fuerza baja y provocar trabajos correctivos innecesarios. La séptima edición del *Manual de Postensado del PT*⁵ recomienda añadir 6.4 mm (1/4 pulg) a la elongación teórica en tendones de menos de 12 m (40 pies) para tener en cuenta estos efectos. Además, recomendamos confiar más en la verificación de la fuerza del gato de tensionamiento aplicada y analizar los tendones cortos con criterio.

Cálculos de Pérdida por Fricción

El proveedor de PT prepara los cálculos de pérdida por fricción, que no constituyen un “diseño” del sistema PT, sino una verificación de la fuerza teórica de los tendones en una configuración dada. La fuerza del tendón depende de muchas variables, pero el módulo de elasticidad del material, el coeficiente angular y el coeficiente de desviación involuntaria (wobble) son específicos de los materiales de cada proveedor.

El LDP debe asumir una fuerza efectiva de PT final para justificar el diseño con un número finito de tendones. La mayoría de los diseñadores experimentados consideran una fuerza efectiva de aproximadamente 120 kN (27 kip) por tendón. Esta fuerza asumida debe anotarse en los documentos estructurales contractuales y verificarse mediante los cálculos de pérdida por fricción. El proveedor está demostrando que su producto puede alcanzar la fuerza base usada por el LDP en el diseño.

Queremos enfatizar que esto no significa que el proveedor de PT esté “diseñando” el sistema de postensado. Es como exigirle a un proveedor de acero de refuerzo que diseñe el acero solo porque entrega un certificado de producción del molino. Hemos visto muchos casos donde los LDPs insisten en que el proveedor de PT es el diseñador del PT debido a los cálculos de pérdida por fricción, lo cual utilizan de manera incorrecta como base para exigir entregas adicionales y evaluaciones que no corresponden al proveedor de PT.

Cartas de Certificación de Fuerza

En algunas zonas de EE. UU., se requiere que los proveedores de PT “certifiquen” las fuerzas finales alcanzadas a partir de las elongaciones medidas —incluso si están dentro de la tolerancia del 7%. Este proceso no tiene un propósito útil, más allá de transferir responsabilidad y retrasar la revisión. Además, podría considerarse poco ético exigir al proveedor que “certifique” una construcción realizada por terceros. Como profesionales que sellamos planos y cálculos a diario, tendríamos serias reservas sobre certificar algo fuera de nuestro control. La responsabilidad implícita es enorme y podría infringir leyes estatales sobre el ejercicio profesional.

Vimos recientemente documentos contractuales donde el LDP exigía:

“El proveedor de postensado deberá contar con un ingeniero que supervise las operaciones de tensionado y emita una carta certificando que las fuerzas de preesfuerzo han sido transferidas a la

estructura. La carta también debe abordar y resolver cualquier discrepancia”.

Esta especificación es totalmente inapropiada. El LDP debe comprender el rol adecuado del proveedor de PT antes de exigir este tipo de cartas. El proveedor controla la fabricación del material en plantas certificadas por el PTI bajo un programa aprobado por ANSI. Además, aunque participa en la calibración inicial del equipo, el mantenimiento en obra no está bajo su control. Tampoco tiene una presencia constante en campo durante el tensionado o las mediciones. Con la adopción de certificaciones del PTI para instaladores, tensionadores e inspectores, estas visitas previas a obra se han vuelto poco frecuentes.

Exigir al proveedor que certifique fuerzas no está respaldado por ningún código conocido, retrasa el proceso de revisión y aumenta la responsabilidad del proveedor por procesos de construcción fuera de su alcance (lo cual también incrementa sus costos para cubrir ese riesgo). Si el proveedor se contrató para cumplir con los requisitos mostrados en los planos estructurales, entonces ya está comprometido a proporcionar la fuerza especificada.

Conclusión

Esperamos que estas reflexiones fomenten un diálogo constructivo entre quienes diseñan y construyen estructuras postensadas. El objetivo colectivo de nuestra industria debe ser mejorar prácticas y procedimientos que contribuyan a un diseño y construcción seguros y rentables de estructuras PT, de manera confiable, justa y razonable para todas las partes.

Reconocimientos

Reimpreso con el permiso del Post Tensioning Institute.

Referencias

1. ACI Committee 318, “Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-11) and Commentary (ACI 318R-11),” American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2011, 503 pp.
2. 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.
3. Allred, B.; Khosa, N.; and Maltis, F., “Thoughts Concerning Post-Tensioning Elongation Records,” PTI Journal, V. 20, No. 2, Oct. 2024, pp. 6-11.

4. PTI CRT20 G1-1124, “Manual for Certification of Plants Producing Unbonded Single Strand Tendons,” Post-Tensioning Institute, Farmington Hills, MI, 2021, 63 pp.
5. PTI TAB.1-23, Post-Tensioning Manual, seventh edition, Post-Tensioning Institute, Farmington Hills, MI, 2023, 422 pp.
6. “Personnel Certification Overview,” Post-Tensioning Institute website, <https://www.post-tensioning.org/certification/fieldpersonnelcertification/personnelcertificationoverview.aspx>, accessed April 16, 2025.

Este artículo de opinión se presenta con el fin de informar e interesar a los lectores por parte de los editores. Sin embargo, las opiniones expresadas no reflejan necesariamente las del Instituto Americano del Concreto (ACI). Se invita a los lectores a enviar sus comentarios.

Bryan Allred es vicepresidente de Seneca Structural Engineering, Inc., en Newport Beach, California, EE. UU. Es Miembro Distinguido del PTI (FPTI) y forma parte del Comité Técnico Asesor del PTI, así como de los Comités DC-20 (Diseño de Edificios) y EDC-130 (Educación). También es miembro del Comité Conjunto ACI-ASCE 423 sobre Concreto Pretensado. Es coautor del libro *Post-Tensioned Concrete, Principles and Practice*, cuarta edición.



Frank Maltis, FACI, FPTI, es Ingeniero Estructural Principal en Cagley & Associates, Rockville, Maryland, EE. UU. Es miembro de los Comités del ACI 301 (Especificaciones para Construcción en Concreto) y 318 (Código de Edificación en Concreto Estructural), así como del Comité Técnico Asesor del PTI.



Neel Khosa es presidente de AMSYSCO, proveedor de sistemas de postensado en Chicago, Illinois, EE. UU. Es miembro del Comité ACI 301, del Comité Conjunto ACI-ASCE 423 y de los Comités del PTI DC-25 (Estructuras de Estacionamiento) y M-10 (Tendones No Adheridos).



Título original en inglés:
**Point of view.
Thoughts Concerning
Post-Tensioning
Elongation Records**

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



Traductor:
**Emiliano Martínez
Villalobos**
*Estudiante Ing. Civil
Universidad de Sonora*



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



24 horas de Conocimiento del Concreto

Organizado por el American Concrete Institute | 8 y 9 de Julio 2025

MARTES, 8 DE JULIO DE 2025

Bienvenida por parte de los Moderadores Globales del ACI, María Juenger y Scott Anderson

9:00-10:00 PM hora local / 2:00-3:00 PM EDT (hora de Nueva York)

Organización coanfitriona: Capítulo ACI Irak

- Pavimentando el futuro sostenible de Irak: soluciones locales para un concreto más ecológico
- Métodos para retrasar la aparición de grietas reflejadas en pavimentos compuestos

2:00-3:00 PM hora local / 3:00-4:00 PM EDT (hora de Nueva York)

Organización coanfitriona: Capítulo ACI Colombia

- Comportamiento de adherencia de barras GFRP en concretos convencionales y de ultra alto desempeño
- Del desplazamiento de diseño al daño: períodos de retorno por pérdida de reparabilidad en pórticos especiales resistentes a momentos

5:00-6:00 PM hora local / 4:00-5:00 PM EDT (hora de Nueva York)

Organización coanfitriona: Instituto Brasileño del Concreto (IBRACON)

- Museo del futuro. Diseño estructural
- Innovaciones Brasileñas en concreto: Tecnologías disruptivas que moldean el futuro de la construcción.

3:00-4:00 PM hora local / 5:00-6:00 PM EDT (hora de Nueva York)

Organización coanfitriona: Capítulo ACI Guatemala & Instituto del Cemento y del Concreto de Guatemala (ICCG)

- El edificio impreso en 3D más grande de América Latina
- Resistividad eléctrica en estructuras de concreto reforzado

4:00-5:00 PM hora local / 6:00-7:00 PM EDT (hora de Nueva York)

Organización coanfitriona: Fundación ISCYC, El Salvador

- Diseño sísmico basado en desempeño para puentes de concreto postensado: innovaciones y desafíos en América Latina
- Casas industrializadas en El Salvador: Un enfoque a base de concreto. Por Nabla.

5:00-6:00 PM hora local / 7:00-8:00 PM EDT (hora de Nueva York)

Organización coanfitriona: Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción (ALCONPAT)

- ALCONPAT Internacional – Pasado, presente y futuro
- Caracterización de nano- y biomateriales sostenibles para la durabilidad de materiales de construcción en Yucatán, México

6:00-7:00 PM hora local / 8:00-9:00 PM EDT (hora de Nueva York)

Organización coanfitriona: Capítulo ACI México Centro y Sur

- Tecnología del concreto: Una ciencia más allá del conocimiento
- Impulsando la sostenibilidad mediante la descarbonización de los materiales de construcción

1:00-2:00 PM hora local / 9:00-10:00 PM EDT (hora de Nueva York)

Organización coanfitriona: Sociedad Académica del Concreto de Nueva Zelanda (Concrete NZ)

- Estación Te Waihorotiu del City Rail Link – Sostenibilidad en el diseño y la construcción
- Evaluación del desempeño sísmico de muros de concreto reforzado dañados por sismos y posteriormente reparados

12:00-1:00 PM hora local / 10:00-11:00 PM EDT (hora de Nueva York)

Organización coanfitriona: Instituto del Concreto de Australia (CIA)

- Caminos hacia la sostenibilidad
- Recorriendo la ruta hacia la descarbonización

12:00-1:00 PM hora local / 11:00 PM-12:00 AM EDT (hora de Nueva York)

Organización coanfitriona: Instituto del Concreto de Corea (KCI)

- Diseño estructural por desempeño ante viento para edificios altos de concreto
- Análisis de deformaciones superficiales en grietas transversales de losas de puentes detectadas mediante redes neuronales convolucionales profundas (Deep CNN)

1:00-2:00 PM hora local / 12:00-1:00 AM EDT (hora de Nueva York)

Organización coanfitriona: Instituto del Concreto de Japón (JCI)

- Comparación de métodos de diseño sísmico basado en desempeño para estructuras de concreto entre Estados Unidos y Japón
- De la investigación a la realidad: avances en impresión 3D de concreto en Japón

12:00-1:00 PM hora local / 1:00-2:00 AM EDT (hora de Nueva York)

Organización coanfitriona: Asociación del Concreto de Tailandia (TCA)

- Innovación sostenible en concreto mediante el uso de residuos y recursos locales
- Monitoreo y análisis de la presión del encofrado en concreto autocompactable con temperaturas variables de mezcla en estado fresco

2:00-3:00 PM hora local / 2:00-3:00 AM EDT (hora de Nueva York)

Organización coanfitriona: Capítulo ACI Singapur

- Aplicaciones recientes del concreto reforzado con fibras de acero (SFRC) en construcciones de infraestructura subterránea en Singapur
- Aplicación de algoritmos de aprendizaje automático para cuantificar la microestructura de la pasta de cemento

12:30-1:30 PM hora local / 3:00-4:00 AM EDT (hora de Nueva York)

Organización coanfitriona: Capítulo ACI India (ICACI)

- Por confirmar
- Por confirmar

12:00-1:00 PM hora local / 4:00-5:00 AM EDT (hora de Nueva York)

Organización coanfitriona: Capítulo ACI EAU

- Mejorando el rendimiento y la sostenibilidad del concreto mediante estructuras metálico-orgánicas
- Innovación hacia un futuro más ecológico: el refuerzo con fibras de acero como clave para una construcción de concreto con baja huella de carbono

12:00-1:00 PM hora local / 5:00-6:00 AM EDT (hora de Nueva York)

Organización coanfitriona: Capítulo ACI Líbano

- Efecto del tereftalato de polietileno, caucho y vidrio en las propiedades del concreto
 - Mejora de la capacidad cortante en vigas de concreto con agregados reciclados
-

**1:00-2:00 PM hora local / 6:00-7:00 AM EDT
(hora de Nueva York)**

Organización coanfitriona: Capítulo ACI Egipto

- Construcción de arriba hacia abajo para estacionamientos subterráneos
- Método de elementos de contorno para el análisis y diseño de edificios altos
- Analisis por etapas de la construcción de edificios de concreto reforzado

**2:00-3:00 PM hora local / 7:00-8:00 AM EDT
(hora de Nueva York)**

Organización coanfitriona: Asociación de Concreto de Jordania (JCA)

- Rotura del concreto en concreto reforzado con fibras de acero: base de datos, evaluación y recomendaciones de diseño
- Reparación y rehabilitación de pisos antiguos de concreto: restaurando resistencia, seguridad y vida útil

**3:00-4:00 PM hora local / 8:00-9:00 AM EDT
(hora de Nueva York)**

Organización coanfitriona: Capítulo ACI Kurdistán

- Nueva exploración de compuestos químicos en escenarios mono-variantes, bi-variantes y multi-variantes del polvo de vidrio reciclado como reemplazo del cemento en el concreto
- El papel del polvo de vidrio reciclado en la mitigación de la reacción álcali-silice: transformando la durabilidad del concreto con vidrio ("glasscrete") a través de la dinámica de composición química

**3:00-4:00 PM hora local / 9:00-10:00 AM EDT
(hora de Nueva York)**

Organización coanfitriona: Capítulo ACI Italia

- Por confirmar
- Por confirmar

**4:00-5:00 PM hora local / 10:00-11:00 AM EDT
(hora de Nueva York)**

Organización coanfitriona: fib

- Conductos de polímero para mejorar la durabilidad de los tendones de postensado (Boletín fib 113)
- BIM en la construcción (Boletín fib 115)

**4:00-5:00 PM hora local / 11:00 AM-12:00 PM
EDT (hora de Nueva York)**

Organización coanfitriona: Instituto de Tecnología del Concreto (ICT)

- Retos y consideraciones cuando se usa arcilla calcinada como material cementicio suplementario
- Arcillas calcinadas de fuentes en Inglaterra: ¿Son más reactivas de lo que pensamos?

**6:00-7:00 PM hora local / 12:00-1:00 PM EDT
(hora de Nueva York)**

Organización coanfitriona: RILEM

- Desempeño a largo plazo del concreto estructural en condiciones marinas: informe del comité RILEM TC 289-DCM
- Arcillas calcinadas para un concreto sostenible

**12:00-1:00 PM hora local / 1:00-2:00 PM EDT
(hora de Nueva York)**

Organización coanfitriona: Capítulo ACI Perú

- Evaluación de la energía residual del concreto con agregados reciclados bajo condiciones severas: perspectivas desde Perú
- Evaluación sísmica y estructural de una edificación de concreto reforzado y albañilería con 70 años de antigüedad

COMENTARIOS DE CIERRE

Más información de registro:

¡Inscripción
Gratuita!

Nos vemos en
las 24 Horas de
Conocimiento del
Concreto con ACI



<https://www.concrete.org/newsandevents/news/newsdetail.aspx?f=51746798>

Proyecto de Mejora de la Interestatal 17 para Aliviar la Congestión y Mejorar el Tráfico Vehicular en Arizona

PERI USA proporciona cimbras y apuntalamiento para la ampliación de puentes y carreteras

Famosa por su clima cálido y desértico, Phoenix, AZ, Estados Unidos, está rodeada de impresionantes paisajes naturales, incluidos parques desérticos y montañas escénicas. Atravesando terreno montañoso, un tramo de 37 km (23 millas) de la Interestatal 17 (I-17) es una de las carreteras más transitadas de Arizona, con más de un millón de viajeros cada año.

Para aliviar la congestión y mejorar el flujo del tráfico, se ha planificado un gran proyecto de construcción de 500 millones de dólares para ampliar 24 km (15 millas) de carreteras, reemplazar dos puentes, ampliar otros diez puentes y construir 13 km (8 millas) de carriles flexibles.

Para adaptarse a las condiciones difíciles de la carretera —terreno accidentado y tráfico intenso— los gerentes de proyecto de construcción y los equipos de trabajo del contratista general Kiewit-Fann JV necesitaban una solución de cimbras y apuntalamiento para cabezales de puente que aumentara la seguridad y eficiencia del proyecto.

PERI USA proporcionó encofrados o cimbras totalmente rentables y personalizados para la construcción en concreto, a fin de completar la expansión y reemplazo de los puentes y carreteras.

Selecciones principales de PERI

Los equipos utilizaron el Sistema de Pilas VARIOKIT (VPS, por sus siglas en inglés) de PERI para la construcción de varios cabezales de pilas en forma de martillo y pilas multicolumna a lo largo del trazado del proyecto. El sistema VPS cambia la manera en que se construyen los puentes, con mayor seguridad y eficiencia en una solución de alquiler innovadora y personalizable. El sistema incluye protección lateral contra caídas, un tablero plataforma, postes de barandilla, paneles de fondo,

soportes laterales, vigas rápidas, vigas de acero VARIOKIT IPE 600, soportes de plataforma, soportes de postes de barandilla, arriostramientos y soportes de columna de 100 kip (445 kN).

El sistema VPS de PERI acorta el tiempo del ciclo para montar y desmontar el fondo del cabezal del puente. Su encofrado lateral es totalmente independiente del fondo, lo que ahorra tiempo y dinero al requerir una grúa más ligera y menos horas para el montaje. El VPS también proporciona un amplio espacio de trabajo para colocar y trabajar con la jaula de refuerzo, y permite el desencofrado sin necesidad de grúa.

“El cliente pudo desencofrar dos juegos de cabezales de puente, cada uno en menos de 2 horas, reconfigurarlos y colocarlos en su lugar el mismo día”, dijo German Ordonez, representante de ventas de PERI USA. “Avanzaron rápidamente en la fase de desencofrado y reconfiguración, y realmente les gustó la facilidad y rapidez para tenerlos listos nuevamente para el siguiente cabezal”.

Se utilizó el encofrado de Paneles MÁXIMO de PERI para las caras laterales de los cabezales de puente, ofreciendo una eficiencia y rendimiento incomparables al reducir la cantidad de accesorios necesarios para montar el sistema. A través de una innovadora tecnología de anclaje y una disposición estratégicamente optimizada de los puntos de anclaje, MÁXIMO reduce el tiempo de trabajo hasta en un 50%, revitalizando los plazos del proyecto. Los puntos de anclaje dispuestos de manera central aseguran un patrón uniforme de juntas y anclajes, mejorando la calidad de los acabados de concreto tanto en sentido horizontal como vertical, todo mientras se agiliza el proceso constructivo.

“Al cliente le gustó que nuestra solución para cabezales de puente fuera modular, flexible y con muy poco desperdicio”, añadió Ordonez. “El equipo en el sitio era nuevo usando los sistemas VPS y MÁXIMO, y pudieron aprender a usarlos eficientemente solo con unos videos cortos de capacitación que les proporcioné”.

Los equipos de la I-17 también utilizaron el sistema de cercha de apuntalamiento RCS VARIOKIT para colocar ambas losas planas del nuevo puente sobre el cauce del río. El sistema ofrece una alta capacidad de carga de hasta 3,000 kN·m (2,213 kip·ft) con un peso propio relativamente bajo. Este sistema permite acelerar el proceso de construcción gracias a un menor número de cerchas, y cuenta con la capacidad de ajustar tanto las longitudes de las cerchas como las luces entre apoyos. Este sistema se combinó con las vigas IPE del VPS, que se usaron como vigas portantes principales, apoyadas sobre los soportes VPS, para sostener el sistema de



Encofrado PERI USA en uso en el proyecto de mejora de la Interestatal 17

cerchas RCS.

“Una de las razones por las que finalmente se eligió el Sistema de Cerchas VARIOKIT en combinación con los soportes VPS y las vigas IPE fue la capacidad del sistema del encofrado para suspenderse desde los muros de las pilas sin que ninguna torre de apuntalamiento tocara el suelo”, añadió Ordóñez. “El hecho de que este puente se encontrara sobre una zona de inundaciones repentinas durante la temporada de monzones, y que el cauce se llene con una cantidad considerable de agua, llevó al equipo del proyecto a seleccionar esta solución de PERI”.

Listo para Carreteras

El material de PERI estuvo presente en el sitio desde agosto de 2023 hasta el verano de 2024. Se espera que la construcción en la I-17 continúe hasta el 2025. Para más información sobre los productos y servicios de PERI, visita www.peri-usa.com

Título original en inglés:
Point of view.
Thoughts Concerning
Post-Tensioning
Elongation Records

**La traducción de este artículo
correspondió al Capítulo
República Dominicana**



Traductor:
**Engel O.
Guevara-Coronado**



Revisor Técnico:
Ing. Piero Caputo

04

Descarbonización de AGC Guía Práctica

Un recurso para ayudar a las empresas de construcción a evaluar, rastrear y reducir las emisiones de gas de efecto invernadero

Las fuerzas del mercado están impulsando la necesidad de que la industria de la construcción descarbonice. Para ayudar a los contratistas a prepararse, la Associated General Contractors (AGC [por sus iniciales en inglés] de América desarrolló una guía práctica de descarbonización diseñada para ayudar a las empresas a asignar responsabilidad cuando requieran rastrear, medir y reducir emisiones de gases de efecto invernadero para los proyectos que construyan. Con el título de *AGC Playbook on Decarbonization and Carbon Reporting in the Construction Industry (Guía práctica sobre descarbonización y reporte de carbono en la industria de la construcción)*, este recurso es parte de los esfuerzos más extensos de la asociación para asegurar que las empresas de construcción tengan un papel de liderazgo en la creación de medidas para reducción de carbono para la industria.

Esta herramienta ayudará a las empresas a entender los conceptos básicos del rastreo de emisiones de carbono, incluyendo identificación de fuentes y asignación de responsabilidades. “Este es el primer documento de su tipo escrito por contratistas, para contratistas, con el propósito de ayudarles a evaluar los impactos de los proyectos de construcción para los que se les contrata”, expresó Jeff Shoaff, funcionario Ejecutivo en jefe de AGC de América. La Guía Práctica fue creada por un grupo de trabajo que la asociación estableció a principios de 2023.

El recurso describe un proceso de cuatro pasos que las empresas pueden seguir para trabajar con socios con el propósito de confirmar quién debe ser responsable de las diferentes emisiones de carbono relacionadas con un proyecto de construcción. También resume cómo documentar quién es responsable de esas emisiones a fin de reducir sorpresas y riesgos para todos aquellos involucrados en un proyecto de construcción.

Establecimiento de responsabilidades del proyecto en cuanto a la huella de carbono

Independientemente de la forma en que se asignen las responsabilidades de la huella de carbono, el contratista general cuenta con una posición privilegiada para ser un socio importante en la asignación de responsabilidades de la huella de carbono, ya que él mismo compra y recibe los materiales que se especifican para uso durante la construcción e instalación. La recopilación de esta información específica del proyecto puede ser un servicio profesional adicional que el contratista facilite.

Paso 1: Confirmar el método de entrega del proyecto

El método de entrega elegido para un proyecto afecta la forma en que se asignan la responsabilidad y la autoridad, incluyendo para la huella de carbono de un proyecto. Ya sea que el proyecto se trate de diseño-licitación-construcción, diseño-construcción, desarrollador-diseño-construcción o gestión de la construcción, la Guía Práctica describe los aspectos más importantes de cada enfoque que impacten la rendición de cuentas por la huella de carbono entre los propietarios y contratistas.

Paso 2: Confirmar el enfoque de control tal como lo define el Protocolo de Gases de Efecto Invernadero

El Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (GHG [por sus iniciales en inglés]), disponible en <https://ghgprotocol.org> describe las opciones de cómo una empresa puede determinar qué actividades caen dentro de su límite de huella de carbono. El Protocolo GHG requiere de una compañía utilice un solo enfoque de control, de manera tal que un contratista debe seleccionar el enfoque de control que sea más adecuado para su compañía, lo que puede incluir negocios no relacionados con la construcción, tales como desarrollo de bienes raíces, diseño arquitectónico y de ingeniería, gestión e inversión en bienes raíces.

El enfoque de un solo control debe utilizarse a nivel del proyecto y en todos los negocios no relacionados con la construcción para crear una huella de carbono consolidada para la compañía. La Guía Práctica proporciona orientación para seleccionar ya sea Control Financiero, Control Operativo o el método de Participación en el Capital.

- Una organización tiene control financiero sobre un proyecto de construcción si puede dirigir las políticas financieras y operativas

del proyecto y será el primer beneficiario del mismo (ya sea mediante la utilización del activo o por ganancia económica que surja de la venta de éste);

- Una organización tiene control operativo sobre un proyecto de construcción si cuenta con la autoridad total para presentar y poner en marcha sus políticas operativas del proyecto. Para proyectos de construcción, esto significa que el contratista puede recomendar y poner en marcha opciones con menores emisiones de carbono para materiales, medios y métodos de construcción, así como para el diseño de la construcción y operaciones;
- Un enfoque de participación en el capital establece responsabilidades de la huella de carbono basadas en la participación del capital o de la propiedad que posean los interesados en el proyecto. En casos en los que exista una diferencia en el porcentaje de participación/ propiedad y los porcentajes mediante los cuales asignan los beneficios económicos (por ejemplo, utilidades), el porcentaje de los beneficios económicos se utiliza para asignar la huella de carbono.

Paso 3: Asignar responsabilidades de huella de carbono del proyecto entre las partes interesadas

La Tabla 1 de la Guía Práctica puede ayudar a los equipos del proyecto a asignar responsabilidades de la huella de carbono utilizando el Protocolo GHG. Si un contratista está trabajando en un proyecto en el que se vaya a asignar una rendición de cuentas de carbono, entonces será necesario identificar dichas responsabilidades por anticipado, especialmente si existe un requerimiento contractual. Basándose en el método de entrega y enfoque de control, determinar la forma de asignar las emisiones de los Alcances 1, 2 y 3 del proyecto entre los interesados en éste resulta ser un proceso sin complicaciones. La Tabla 1 identifica las responsabilidades mínimas, así como las oportunidades que los contratistas tienen para proporcionar servicios opcionales de descarbonización, de valor agregado. Debido a la variedad de métodos de entrega, la Tabla 1 apoya la asignación de responsabilidad para el carbono integrado en los materiales y en el equipo de los sistemas de construcción, en las emisiones del sitio de construcción operativo y en las emisiones de carbono operativas posteriores al volumen de negocios del activo.

Paso 4: Documentar las responsabilidades de la huella de carbono del proyecto en documentos contractuales

Bajo este paso final, los contratos relacionados con rendición de cuentas de carbono deberán documentarse en su totalidad. Al realizar los Pasos 1 a 3, el contratista estará bien equipado para identificar sus obligaciones en un proyecto y evitar asignaciones que reporten carbono que no se encuentren dentro del alcance de su control. También es importante que todos los esfuerzos por lograr mayor descarbonización (adición de valor) en el proyecto se entiendan con claridad y que se acuerden mutuamente, en especial si impactan las expectativas o alcance de la obra para el contratista. La documentación detallada sobre los requerimientos para reportar carbono sirve para salvaguardar al contratista contra las discrepancias en las expectativas. Más aún, el proceso de documentación puede poner de relieve servicios profesionales adicionales que podría ser necesario contratar.

De igual forma, es importante que el contratista general documente todos los requerimientos “flow-down requirements” [extensión de cláusulas contractuales] para los subcontratistas o proveedores de servicio. Si el equipo del proyecto depende del contratista general para realizar el reporte o proporcionar información relacionada con el carbono que provenga de los subcontratistas o proveedores de servicio, entonces será de suma importancia garantizar que también estén al tanto de las expectativas. Esto incluye delimitar valores de reporte específicos, así como proporcionar información sobre materiales (tales como Declaraciones Ambientales del Producto [DAP]). Además, el contratista general podría determinar que es necesario proporcionar recursos, tales como simples listas de verificación, formatos y sesiones de capacitación con pláticas en las que se les brinden herramientas a los subcontratistas.

Qué Rastrear en los Sitios del Proyecto

Calcular la huella de carbono de un proyecto requiere de un esfuerzo significativo. Esta sección de la Guía Práctica tiene el propósito de simplificar el proceso mediante explicación de conceptos importantes, análisis sobre fuentes de emisiones y suministro de discernimientos para gestionar y escalar los cálculos de una huella de carbono a nivel proyecto. El ciclo de vida del proyecto abarca varias etapas, incluyendo extracción de materias primas, construcción e instalación, operaciones y uso, renovaciones y finalmente, demolición y disposición.

La Guía Práctica se centra principalmente en las etapas de emisiones que los contratistas tienen probabilidad de rastrear y reportar – emisiones de la manufactura de materiales y actividades de construcción. A menudo estas etapas son conocidas como la “Etapas de Producto” de Carbono Inicial (etapas del ciclo de vida A1 – Extracción de materias primas o procesamiento de materiales reciclados; A2 – Transportación hasta y entre los lugares de manufactura; y A3 – Manufactura del producto) y “Etapas del Proceso de Construcción” Carbono Inicial (etapas del ciclo de vida A4 y A5 – Transportación al sitio e instalación).

Cómo Reducir Emisiones

La Guía Práctica de Descarbonización también incluye recursos para ayudar a las empresas a calcular la huella de carbono de sus proyectos. Esto incluye emisiones de carbono relacionadas con la manufactura de los materiales importantes para el proyecto, tales como concreto, acero, asfalto y vidrio simple. El documento ofrece una gran variedad de estrategias identificadas por la industria, así como sugerencias para reducir las emisiones de carbono de sus proyectos, desde proponer materiales alternativos, menos intensivos en cuanto al uso de carbono, hasta formas de operar sitios de obras más eficientes.

Además de la Guía Práctica, la asociación continúa poniendo recursos a disposición de sus miembros y compartiendo propuestas con quienes elaboran políticas acerca de las mejores formas de reducir emisiones de carbono del ambiente de la construcción. “Nuestro objetivo es asegurarnos que nuestros miembros tengan recursos claros, procesables y replicables para entender sus responsabilidades, medir los impactos de sus proyectos y operar de manera tan eficiente como sea posible”, agregó Shoaf.

El AGC Playbook on Decarbonization and Carbon Reporting in the Construction Industry [La Guía Práctica AGC sobre descarbonización y reporte de carbono en la industria de la construcción] está disponible en www.agc.org/climate-change.

Seleccionado por los editores para interés del lector.

Título original en inglés:
**AGC's Decarbonization
Playbook**

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



Traductora:
**Lic. Ana Patricia
García Medina**



Revisor Técnico:
**Ing. Karla Elizabeth
de la Fuente
Monforte**

**SAVE
THE DATE**



ENLACE

**ENCUENTRO LATINOAMERICANO DE
CAPÍTULOS ESTUDIANTILES ACI 2025**



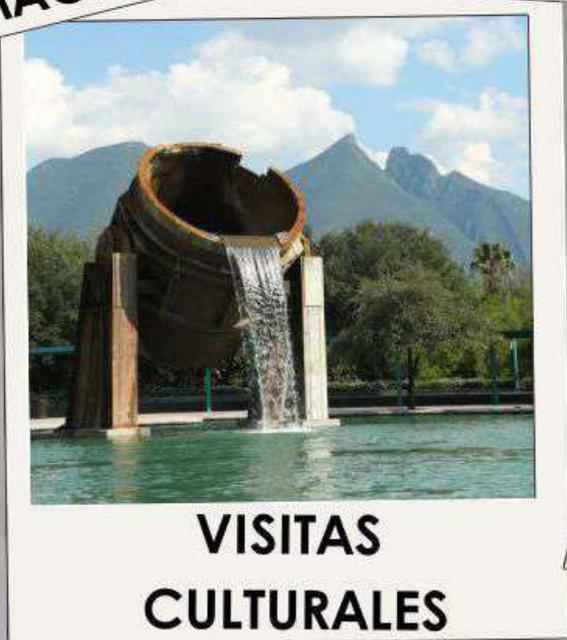
**MONTERREY, NUEVO LEÓN, MÉXICO
SEPTEMBER 24 - 27, 2025**



**CONFERENCIAS
MAGISTRALES**



TALLERES



**VISITAS
CULTURALES**



**VISITAS
TECNICAS**

¡Y MAS! ¡NO TE LO PUEDES PERDER!



ENLACE

ENCUENTRO LATINOAMERICANO DE
CAPÍTULOS ESTUDIANTILES ACI 2025

SEPTIEMBRE 24-27, 2025

MONTERREY, NUEVO LEÓN, MÉXICO





**IIC FIC
UANL**
Viernes 26 de
Septiembre

Especímenes Cilíndricos de Concreto

Concurso



concreto ligero fibro-reforzado

en: Instituto de Ingeniería Civil

Bases:



Registro:



Más información:

@enlaceacimty

Correo:

enlaceacimty@gmail.com

Coeficiente de Fricción para Superficie de Contacto No Intencionalmente Rugosa y Verificación de Cumplimiento de Requisitos para Rugosidad Intencional según la Tabla 22.9.4.2 del CÓDIGO ACI -318

Tengo dos preguntas respecto a la Tabla 22.9.4.2 en el Código ACI -318-19 (22):

P1. ¿El coeficiente de fricción $\mu = 0.6\lambda$ para el “Concreto colocado contra concreto endurecido que está limpio, libre de lechada y no intencionalmente rugoso” aplica a caras de concreto endurecido lisas formadas al colocar la mezcla de concreto contra encofrado de madera?

P2. ¿El ACI tiene alguna recomendación sobre cómo verificar la rugosidad de la superficie para el “Concreto colocado contra concreto endurecido que está limpio, libre de lechada y rugoso intencionalmente con una amplitud total de aproximadamente 1/4 pulg.”?

R1. Según el comentario en la Sección R22.9.4.2 del CÓDIGO-318-19(22), la resistencia al corte para el concreto colocado contra concreto endurecido no rugoso según la Sección 22.9.4.2, que incluye caras lisas formadas, “se debe a la fricción entre las caras de la grieta,”¹ y el coeficiente de fricción $\mu = 0.6\lambda$ listado en la Tabla 22.9.4.2 es apropiado en ese caso. Sin embargo, el factor λ fue eliminado del coeficiente de fricción para este tipo de condición de superficie de contacto en el CÓDIGO ACI-318-25², por lo que la versión más reciente del código tiene $\mu = 0.6$. Según la Sección R22.9.4.2 del Comentario en el CÓDIGO ACI-318-25, el cambio se realizó con base en la investigación de Krc et al³, en la cual se examinó el uso de λ para diferentes condiciones de interfaz de concreto.

R2. El CÓDIGO ACI -318-19(22) no incluye disposiciones sobre cómo determinar si una superficie intencionalmente rugosa cumple con la rugosidad de 1/4 pulg. especificada en la Tabla 22.9.4.2. Sin embargo, la nota al pie [2] en la Tabla 22.9.4.2 del CÓDIGO ACI-318-25 hace referencia a la Sección 26.5.6.2(e) para los requisitos de cumplimiento para la rugosidad intencional de superficies de contacto con una amplitud

de aproximadamente 1/4 pulg. Además, la Sección R26.5.6.2(e) del Comentario establece que la rugosidad de la superficie de contacto puede evaluarse utilizando las fichas de comparación del Perfil de Superficie de Concreto (CSP) del ICRI, como se describe en ICRI 310.2R.⁴ La ficha CSP 10 tiene distancias máximas entre picos y valles de 1/4 pulg. y puede utilizarse para verificar el requisito de cumplimiento de rugosidad de 1/4 pulg. especificado en la Sección 26.5.6.2(e).

Referencias

1. ACI Committee 318, “Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-19) and Commentary (ACI 318R-19) (Reapproved 2022),” American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2019, 624 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. Krc, K.; Wermager, S.; Sneed, L.; and Meinheit, D., “Examination of the Effective Coefficient of Friction for Shear Friction Design,” PCI Journal, V. 61, No. 6, Nov.-Dec. 2016, pp. 44-67.
4. ICRI, “ICRI Guideline No. 310.2R-2013—Selecting and Specifying Concrete Surface Preparation for Sealers, Coatings, Polymer Overlays, and Concrete Repair,” International Concrete Repair Institute, Minneapolis, MN, 2013, 54 pp.

Título original en inglés:
AGC’s Decarbonization
Playbook

La traducción de este artículo
correspondió al Capítulo Colombia



Traductor
y Revisor Técnico:
**Gonzalo E. Gallo E.,
PhD**



CONCRETO
LATINOAMÉRICA