

CONCRETO

LATINOAMÉRICA

3^{er} ANIVERSARIO



VOLUMEN IV | NÚMERO 9 | SEPTIEMBRE 2023

CONCRETO

LATINOAMÉRICA

Volumen IV - Número 9
Septiembre de 2023

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.

CONTENIDO



Editorial
Por Comité Editorial



Mensaje del Presidente ACI Internacional
Por Antonio Nanni



Liderando a través de la innovación creativa con materiales y cultura regional

Traducción y revisión técnica a cargo del
Capítulo: Puerto Rico



Conceptos básicos del escaneado láser para la verificación de tolerancias en el concreto

Traducción y revisión técnica a cargo del
Capítulo: Argentina



ACI 318 PLUS: Una herramienta digital interactiva para impartir cursos de diseño de concreto

Traducción y revisión técnica a cargo del
Capítulo: Perú



Realidades Aumentadas

Traducción y revisión técnica a cargo del
Capítulo: México Centro y Sur



Anclajes con Sobreperforación en su Base para Aplicaciones Sísmicas

Traducción y revisión técnica a cargo del
Capítulo: México Sureste



Diseño del revestimiento de túneles, Parte 2: Consideraciones de análisis

Traducción y revisión técnica a cargo del
Capítulo: República Dominicana



Preguntas y Respuestas. Competencia de los operadores para determinar los números F

Traducción y revisión técnica a cargo del
Capítulo: Ecuador



Fondos de Apoyo y Becas para 2023-2024

Traducción y revisión técnica a cargo del
Capítulo: México Noreste

COMITÉ EDITORIAL:

Presidente del Comité Editorial:

Dr. Jorge Maurilio Rivera Torres
Presidente de la Sección Noreste de México del ACI.(2022-2024)

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. Julián Capetillo Castillo
LDG. Anakaren Lozano González
LDI. Hannia Annett Molina Frías

"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

Cualquier asunto relacionado con la publicación contactarse a :

Correo: concretolatam@gmail.com

Tel: +52 81 2146 4907

Representantes de los Capítulos ACI de Latinoamérica:

Argentina
Colombia
Costa Rica
Ecuador Centro y Sur
Guatemala

México Noreste
México Noroeste
México Centro y Sur
México Sureste
República Dominicana
Perú
Puerto Rico

Dr. Raúl Bertero
Dra. Nancy Torres Castellanos
Ing. Minor Murillo Chacón
Ing. MSc. Santiago Vélez Guayasamín
Ing. Luis Alvarez Valencia
Ing. Xiomara Sapón Roldán
Dr. Jorge Maurilio Rivera Torres
Ing. Oscar Ramírez Arvizu
Ing. José Alfredo Rodríguez Campos
Mtro. Joseph Eli Mandujano Zavala
Ing. Piero Roberto Caputo Rodríguez
Ing. Julio Antonio Higashi Luy
Ing. Anabel N. Merejildo



Con la disposición de servicio completo de Rugged Robotics, se reemplazan los rotuladores o líneas de gis con precisión milimétrica y tiempos acelerados. Este servicio llave en mano proporciona más información e instrucciones, comprimiendo su programa de tiempos y acelerando su instalación, ahorrando así tiempo y dinero.

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

Lic. Iliana M. Garza Gutiérrez
Dra. Margareth Josefina Dugarte Coll
Dr. José Abelardo Valdez Aguilar

Dr. Francisco René Vázquez Leal
Ing. José Lozano y Ruy Sánchez

¡Únete Hoy!

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



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 Septiembre del 2023. 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.

Estimados lectores de la Revista Digital Concreto Latinoamérica:

Con este número de septiembre de 2023 completamos los primeros 3 años ininterrumpidos de la publicación de nuestra revista digital Concreto Latinoamérica. A lo largo de estos 3 años, 13 Capítulos Latinoamericanos del American Concrete Institute (ACI) han participado en las traducciones de los artículos que originalmente se han publicado en la revista Concrete International, órgano oficial del ACI. Este gran esfuerzo por parte de quienes conformamos los Capítulos del ACI pretende llevar a Latinoamérica la información técnica más actualizada sobre la construcción y la producción del concreto, de modo que las mejores prácticas se pongan al alcance de nuestras industrias locales, y se consiga el mayor y mejor rendimiento del maravilloso material de construcción, que es el concreto.

La participación de los 13 capítulos del ACI nos ha permitido, hasta hoy, traducir un total de 174 artículos, que significan casi 5 artículos mensuales. Además, el trabajo incluye no solo el esfuerzo de traducción, sino también de revisión técnica, revisiones editoriales, revisión de imágenes y gráficas, tablas y demás información contenida en cada artículo, etc. Este trabajo, ha sido coordinado principalmente por el Capítulo Noreste de México junto con la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Autónoma de Nuevo León, y se ha logrado gracias a la gran colaboración en equipo de los miembros del ACI en toda la América Latina.

Muchas gracias a todos los Capítulos del ACI Latinoamérica por su apoyo constante en este maravilloso proyecto. Gracias a la FIC-UANL por su permanente apoyo y la colaboración del área de Diseño, Comunicación e Imagen Institucional de la propia Facultad, que nos da el soporte necesario en todo lo relacionado a la edición y elaboración de la revista. Gracias a los traductores, revisores técnicos, revisores editoriales, y a los presidentes y Consejos Directivos de los Capítulos del ACI en América Latina por su trabajo incesante, apoyo, coordinación y colaboración a este gran logro.

De manera especial quiero agradecer a quienes conforman nuestro Comité Editorial por su semanal apoyo en el trabajo permanente de elaboración y revisión de la revista, ya que este trabajo no se termina nunca y sin su valiosa aportación y su disponibilidad de tiempo, no sería posible lograrlo.



Nuestro objetivo es mantener nuestra publicación con la misma o mejor calidad que hoy tiene, e ir incorporando nuevos proyectos a la misma, como son la publicación de artículos originales que expresen los avances de la tecnología en Latinoamérica y aporten nuevos conocimientos a la industria local y del mundo entero, entre otros. “Siempre avanzando” como dice el lema del ACI, es nuestro compromiso con la comunidad Latinoamericana del Concreto. Muchas gracias y enhorabuena a todos por lo hasta hoy alcanzado.

Cumplimos los primeros 3 años de muchos más para seguir buscando un mejor futuro en concreto en Latinoamérica.

Atentamente.
Ing. José Lozano y Ruy Sánchez
EDITOR EN JEFE CONCRETO LATINOAMÉRICA

Mensaje Presidente del ACI Internacional:

Es para mí un inmenso placer celebrar con los lectores y el personal el tercer aniversario de la Revista Digital Concreto Latinoamérica. La misión del ACI es la generación y divulgación del conocimiento relacionado con el concreto, y esta publicación representa una pieza central en este proceso. El esfuerzo colaborativo de los 12 Capítulos Latinoamericanos del ACI que contribuyen a la traducción y publicación de la Revista es en sí mismo un notable logro. No hay otro ejemplo similar en nuestras comunidades: colectivamente, ustedes representan la voz única del subcontinente. Celebremos este aniversario y con ello hago extensivo a todos ustedes mi reconocimiento personal y el de todo el Instituto. ¡Siempre avanzando!



Antonio Nanni
Presidente del ACI 2023-24

It gives me an immense pleasure to celebrate with readers and staff the 3-year anniversary of Concreto Latinoamérica Digital Magazine. ACI is all about the generation and deployment of knowledge related to concrete, and this publication represents a central piece for this effort. The collaborative effort of the 12 ACI Latin American Chapters that contribute to translation and publication of the Magazine is in itself a remarkable accomplishment. There is no other similar example in our communities: collectively, you represent the single voice of the subcontinent. Let's celebrate this anniversary and with that I extend to you all my personal appreciation and that of the entire Institute. Always Advancing!

Antonio Nanni
ACI President 2023-24

Liderando a través de la innovación creativa con materiales y cultura regional

Con la ayuda de la Fundación ACI y sus patrocinadores.



Mutoka recibió el Fondo de Apoyo en Materiales de Concreto de la Fundación ACI para el término 2023-2024.

Desde su infancia temprana en Tanzania, Sherryen Mutoka quedó fascinada con los dibujos de construcción de su padre. Él mismo, siendo ingeniero, ayudó a fomentar la pasión de ella por el entorno construido. Tras el fallecimiento de su padre, Mutoka se dedicó a realizar estudios tanto en matemáticas como en ciencias; no solo obtuvo una beca para la African Leadership Academy en Metro Johannesburgo, Sudáfrica, sino que, eventualmente, consiguió una plaza para estudiar ingeniería civil y estructural en la Universidad de Notre Dame en Notre Dame, IN, Estados Unidos.

“En Tanzania, puedes elegir si quieres concentrarte en las ciencias o los negocios. Me dediqué a las ciencias porque me gustan mucho las matemáticas. Aunque sabía que quería

trabajar en ingeniería, primero pensé en ser arquitecto porque ellos diseñan el aspecto general de los edificios, pero me di cuenta de que eso no funcionaría porque no puedo dibujar”, se rió. “Entonces le pregunté a mi tía, ¿qué carrera puedes seguir si te encantan los edificios? Y entonces me presentó a los ingenieros estructurales que ella conocía. Así fue como realmente me metí en esto: observar la profesión de mi padre y tener una tía que me presentó a los ingenieros estructurales. Tuve suerte de estar conectada con personas que estaban en ese campo cuando yo era muy joven”.

Mutoka terminó la escuela secundaria en la African Leadership Academy, una escuela que busca estudiantes de alto calibre en todo el continente con la misión de crear la próxima generación de líderes africanos. Allí, se puso en contacto con representantes de universidades de todo el mundo y la presentaron por primera vez a la Universidad de Notre Dame, donde presentó su solicitud y fue aceptada para obtener su título universitario.

En su tercer año de universidad, Mutoka participó en un estudio en el extranjero en la Universidad de Australia Occidental en Perth. Durante este estudio y basándose en observaciones de su juventud, sobre el uso de materiales tradicionales y sostenibles en Tanzania, tomó conciencia de la intersección entre edificios, materiales de construcción y cultura.

“Estudí en el extranjero, en Australia, y mi investigación se centró en las viviendas para aborígenes proporcionadas por el estado”, dijo Mutoka. En el momento de su investigación, el gobierno australiano proporcionaba viviendas de bajo costo a los aborígenes, pero tenía dificultades para poblar los edificios. “Mi investigación encontró que el material que [el gobierno australiano] usó [para las viviendas de bajo costo] y la forma en que se estructuraron los edificios no eran propicios para la cultura aborígen, razón por la cual las viviendas no se utilizaban. Esto me enseñó mucho sobre la importancia de involucrar a la comunidad en la construcción y no simplemente construir por construir. Hay mucho más en juego: el material y la mano de obra, sólo por mencionar algunos. La gente tiene mucho apego cultural a la forma en que se construyen las cosas”, explicó.

Esta investigación, combinada con el amor por la antigua arquitectura romana de Italia en piedra y ladrillo, la fascinación por los materiales de construcción de otras culturas (como el bambú) y su propia experiencia al viajar entre la cuadrícula de concreto de Dar es Salaam y la aldea de sus abuelos, despertaron el amor de Mutoka por los materiales y la comprensión de la necesidad de códigos de construcción regionales.

Mientras trabajaba en MASS Design Group en el diseño de un nuevo campus para el Instituto de Conservación Agrícola de Ruanda (RICA por sus siglas en inglés), Mutoka experimentó de primera mano el gran vacío en los códigos de construcción.

"[MASS Design Group] se esforzó por ser sostenible y fiel a la región, querían utilizar materiales de origen local", dijo ella. Sin embargo, estos materiales locales no estaban incluidos en los códigos de construcción. Esto representó un desafío para el equipo de diseño, ya que requirió pruebas rigurosas de los materiales para demostrar que eran lo suficientemente seguros y duraderos para ser utilizados en diseños específicos de concreto en su región. El resultado fue un diseño regional sólido que incorpora estándares de diseño para materiales locales y aumenta la sostenibilidad y la eficiencia económica.

Trabajo e investigación actuales

Mutoka ahora está realizando su doctorado en la Universidad de Notre Dame, trabajando en el Laboratorio de Estructuras Cinéticas bajo la dirección de Ashley Thrall, miembro de la ACI, donde su investigación analiza la fabricación acelerada de infraestructura civil en la que el acero y el concreto son los materiales primarios. Ella está investigando varias alternativas que se utilizarán para reforzar muros de concreto impresos en tres dimensiones mediante la realización de experimentos a gran escala junto con el desarrollo de modelos numéricos de los muros. Mutoka también está investigando el uso del doblado en frío para reducir el tiempo de fabricación de puentes de acero. Asistió a la Convención de Concreto de la ACI – Primavera de 2023 en San Francisco, CA, EE. UU., donde se conectó con otros receptores de fondos de apoyo y becarios entrevistados, y de igual manera con profesionales de la industria.

"Conocí a Katie Hogarth; ella es de la Universidad del Estado de Idaho y también recibió un fondo de apoyo. Nos conocimos antes de las entrevistas y rápidamente nos hicimos amigas. Hablamos de nuestra investigación y terminamos intercambiando contactos. Incluso eso fue emocionante, poder hablar con otro estudiante de doctorado y decirle: 'sí, actualmente estoy trabajando en tal problema desafiante, o tal o cual experimento salió bien'. Por eso, estoy muy emocionada de volver a verla en la próxima convención y ponerme al día con el progreso de nuestra investigación", dijo Mutoka.

Próximos pasos para el futuro

En cuanto a la vida después de la graduación, dijo: "Sí, estoy muy emocionada. Después de graduarme, quiero volver a la industria y trabajar en diseño. Estoy emocionada de entrar en el campo y explorar oportunidades en el lado del diseño estructural innovador. Espero aplicar lo que he aprendido en el lugar de trabajo y lograr cambios".



Mutoka en el Laboratorio de Estructuras Cinéticas de su profesora Ashley Thrall en Notre Dame.

Impacto del Fondo de Apoyo de la Fundación ACI

El Programa de Fondos de Apoyo de la Fundación ACI actualmente otorga más de \$325.000 anuales a estudiantes que cursan estudios de ingeniería con la intención de ayudarlos a completar sus estudios y adquirir experiencia profesional en la industria del concreto.

“Gracias al [Fondo de Apoyo en Materiales de Concreto] podré asistir a conferencias y presentar el progreso y los resultados de mi investigación. También puedo utilizar parte de mis fondos para diseñar y realizar experimentos. ¡Ha sido de gran ayuda!” Dijo Mutoka.

La Fundación ACI depende de la financiación de miembros, socios y amigos de ACI. Apoyar a los futuros líderes, como Mutoka, es una inversión en el futuro de la industria del concreto. Para obtener más información sobre las oportunidades de fondos de apoyo y becas de la Fundación ACI, visite **www.ACIFoundation.org/becas**.

La traducción de este artículo correspondió al Capítulo de Puerto Rico

Título: Liderando a través de la innovación creativa con materiales y cultura regional



*Traductora:
Nicole Mejía Borrero*



*Revisor Técnico:
José M. Mejía Borrero*

Conceptos básicos del escaneado láser para la verificación de tolerancias en el concreto

Varios instrumentos fueron comparados durante un evento en directo

Por Lingfeng (Leo) Zhang y John M. Russo.

Escaneo láser, también conocido como LiDAR (light detection and ranging), ha experimentado una acogida y un crecimiento significativo en las dos últimas décadas. Los principales avances han sido la miniaturización de los sensores LiDAR, la integración de láseres de estado sólido y la incorporación de la captura de imágenes fotográficas en color. Estos avances han permitido desarrollar instrumentos más compactos, ligeros y rentables, así como aplicaciones de software especializadas que hacen posible la adquisición y análisis de datos más precisos y detallados. Como resultado, el LiDAR está teniendo una mayor aceptación en la industria de la arquitectura, la ingeniería y la construcción (AEC).

La industria del concreto tiene ahora acceso a numerosas aplicaciones LiDAR a lo largo del ciclo de vida del proyecto. Por ejemplo, una obra puede escanearse con láser durante la fase de planificación y la fase previa a la construcción para evaluar la puesta en escena, la seguridad y la ruta de los camiones. También puede utilizarse como herramienta de control de calidad para verificar el tamaño y la ubicación de la armadura, así como la ubicación de encofrados, bordes de losa, aberturas, elevaciones de los voladizos o elementos empotrados. Algunos contratistas utilizan el escaneo láser para mejorar la calidad de las operaciones de acabado de las losas y verificar el cumplimiento de los límites de tolerancia. Además, los resultados del escaneo láser a tiempo pueden utilizarse para la coordinación del modelado de información de construcción (BIM) por parte de los gremios de mecánica, electricidad, piping (MEP) y carpintería.

Problemas con las especificaciones no estandarizadas de los escáneres láser

Quien haya leído las hojas de especificaciones elaboradas por los fabricantes de escáneres láser, probablemente se habrá dado cuenta de que parecen más una combinación cuidadosamente elaborada entre un artículo de marketing y una hoja de datos técnicos. Si uno se aventura a comparar las hojas de especificaciones, es probable que descubra que cada fabricante tiene un formato distinto y presenta métricas que otros no. Esto puede resultar muy engorroso para quienes intentan hacer una simple comparación entre dos instrumentos. De hecho, investigar las diferencias y llegar a una comparación normalizada puede llevar mucho tiempo.

El U.S. Institute of Building Documentation (USIBD) reconoció este reto y se propuso ofrecer una solución a sus miembros y a otros profesionales del sector. Inspirándose en los adhesivos de los coches nuevos (la etiqueta Monroney), el comité de escaneo láser del USIBD se propuso desarrollar una especificación con un formato estandarizado para ayudar a normalizar la comparación entre los instrumentos más populares del mercado. El objetivo era un formato fácil de leer y uniforme para presentar la información de las hojas de especificaciones de los fabricantes. En 2023, la USIBD publicó su primer conjunto de hojas de especificaciones de escáneres láser. Las mismas pueden descargarse gratuitamente en el sitio web de la USIBD: <https://usibd.org/>.

Entre los factores que afectan la precisión del escaneado láser para la verificación de la tolerancia del concreto se encuentran la precisión del instrumento, la operación de captura sobre el terreno, los puntos y líneas de referencia, la técnica de registro o la interpretación/representación/reconstrucción/muestreo de los datos de escaneado. Entre esos factores, el fundamental, es la precisión del instrumento. Sin embargo, la falta de hojas de especificaciones estandarizadas del escáner láser limita el nivel de confianza de los usuarios a la hora de verificar tolerancias concretas. Por ejemplo, algunos proveedores de escáneres láser especifican su precisión de alcance en milímetros más partes por millón (ppm) en diferentes alcances, mientras que otros no especifican las ppm. Algunos proveedores especifican el alcance y la reflectividad con la misma métrica, mientras que otros no lo hacen. Algunos proveedores proporcionan sus propios términos técnicos que no se aplican a otros. Además, existen múltiples tipos de escáneres láser, como el escáner láser terrestre (TLS), el escáner láser aerotransportado, el escáner láser portátil de localización y cartografía simultáneas (SLAM) y otros tipos de soluciones cartográficas móviles. La norma ASTM E3125-17¹ especifica el método de ensayo estándar para evaluar las prestaciones de medición de distancias punto a punto de los sistemas de formación de imágenes tridimensionales (3D) por coordenadas esféricas en el rango medio. Sin embargo, las pruebas de laboratorio no son fáciles de realizar para la mayoría de los usuarios cuando deciden elegir el escáner láser. Uno de los autores, John Russo, presidente del Subcomité de Nivel de Precisión (LOA) de la USIBD, nos recuerda que "la intención define el proceso". En otras palabras, una vez definida claramente la intención, puede determinarse el proceso adecuado. Para la verificación de la tolerancia del concreto, los usuarios deben asegurarse que el método y el aparato de medición utilizados para verificar una tolerancia son capaces de medir con confiabilidad hasta un tercio del valor de la tolerancia especificada o menos (ACI 117.1R-14, Sección 3.4.1²). Por lo tanto, el propósito de este artículo es proporcionar a los usuarios una revisión en profundidad de la comparación de datos durante un evento de escaneo láser en vivo y ayudar a los usuarios a seleccionar el escáner láser adecuado para la verificación de la tolerancia del concreto, centrándose en el TLS estacionario.

Estudios de escáner láser anteriores y en curso

La American Society of Concrete Contractors (ASCC) ha patrocinado un estudio de escaneo láser para comparar mediciones y números F (distancia focal) de datos de referencia en octubre de 2018^{3,4}, y dos talleres de escaneo láser (22 de enero de 2018 y 21 de enero de 2019⁵).

En diciembre de 2021, la ASCC patrocinó e inició otro estudio sobre los entregables del escaneo láser para la construcción de losas sobre el terreno. El estudio se llevó a cabo en la zona donde se realizan los encofrados de The Conco Companies, un miembro de ASCC en Concord, CA, EE. UU. Los autores del estudio recomendaron que los entregables se adaptaran a la perspectiva del usuario e incluyeran la información necesaria⁶. Pero ¿cómo pueden los usuarios confiar en los datos? Especialmente en lo que respecta a los fundamentos, ¿hasta qué punto confían los usuarios en los datos de los distintos tipos de unidades? El Subcomité 117-L, Escaneado Láser, dentro del Comité Conjunto ACI-ASCC, 117, Tolerancias, está trabajando en un documento para proporcionar a los usuarios la información necesaria sobre el escaneado láser para la verificación de tolerancias del concreto.

En febrero de 2023, el Comité de Escaneado Láser de USIBD organizó un encuentro de escáneres en vivo en la conferencia Geo Week 2023 en Denver, CO, EE.UU., para comparar unidades TLS de múltiples fabricantes y múltiples modelos. Aunque la USIBD ya había realizado anteriormente pruebas de escáneres, ésta era la primera vez que se realizaban en directo en un evento público. Este artículo presenta los resultados y recomendaciones de dicho evento.

Encuentro de escáneres en la Geo Week 2023

¿Qué es exactamente la competición de escáneres? Uno de los objetivos del Comité de Escaneado Láser de USIBD es normalizar la comparación de datos de varios escáneres láser. No es demasiado difícil obtener un conjunto de datos de un escáner láser; sin embargo, es mucho más difícil comparar datos de varios escáneres. A menudo, los conjuntos de datos obtenidos con distintos instrumentos no corresponden a la misma escena, por lo que puede resultar difícil realizar una comparación exhaustiva.

El concurso de escáneres de la USIBD pretendía superar este reto reuniendo a los fabricantes de TLS en un único evento en el que pudieran mostrar una variedad de sus instrumentos. Se invitó a los participantes a colocar sus escáneres en un trípode fijo para realizar una serie de escaneados según las especificaciones de la USIBD. A una distancia determinada del trípode se colocaron tableros de materiales que contenían elementos habituales en la documentación de edificios (Fig. 1). Se colocaron tres objetivos de placa en blanco y negro (B/N) de 152 mm (6 pulgadas) (203, 202 y 201) sobre trípodes a 5, 10 y 20 m (16, 33 y 66 pies) de la ubicación de instalación del escáner, respectivamente (Fig. 2). Además, se colocaron cuatro blancos de papel de 15 cm (101, 102, 105, y 106) se colocaron en la cara de los pilares a distancias de aproximadamente 19, 26, 20 y 11 m (62, 85, 66 y 36 pies) de la ubicación de instalación del escáner, respectivamente (Fig. 2).

El representante de cada fabricante ajustó los parámetros a la configuración requerida y realizó tres escaneados utilizando el instrumento de su compañía. Los datos de cada instrumento fueron recogidos, analizados por el USIBD y presentados en una comparación normalizada. Los resultados se publicaron en un informe exhaustivo y se pusieron a disposición del público junto con los conjuntos de datos recogidos⁷. La tabla 1 muestra el espaciado de puntos en cada objetivo de cada escáner y cada uno de los tres ajustes de resolución.

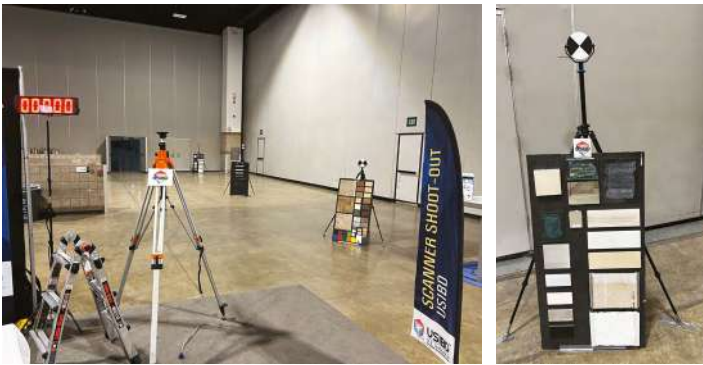


Fig. 1: Se colocaron a distancias fijas de un trípode, objetivos y tableros que contenían elementos habituales en la documentación de edificios. Los distintos sistemas TLS se probaron montándolos en el trípode y escaneando el espacio.

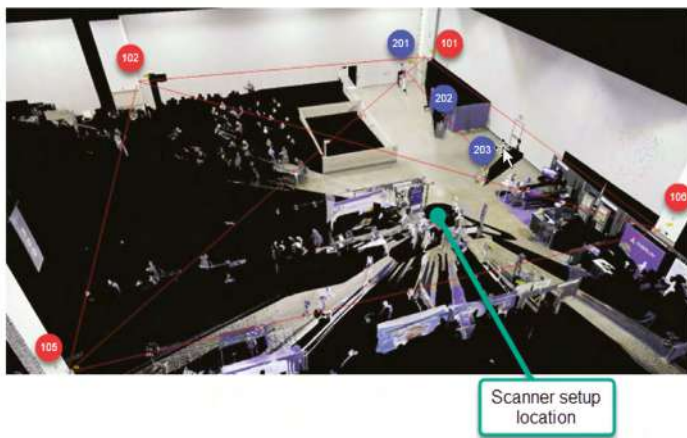


Fig. 2: Ubicación de los objetivos en relación con el escáner láser. Los blancos de las placas en blanco y negro (B/N) están marcados en azul y los blancos de papel están marcados en rojo.

Escáner láser	Resolución	Espacio entre puntos en objetivos de 6" B/N*					
		Objetivo a 5 m		Objetivo a 10 m		Objetivo a 20 m	
		in	mm	in	mm	in	mm
Leica RTC360	Alta	0.054	1.372	0.122	3.099	0.226	5.740
	Media	0.123	3.124	0.244	6.198	0.483	12.268
	Baja	0.224	5.690	0.486	12.344	1.003	25.476
Z+F Imager 5016	Alta*	0.061	1.549	0.123	3.124	0.235	5.969
	Media	0.117	2.972	0.272	6.909	0.469	11.913
	Baja	0.251	6.375	0.501	12.725	1.001	25.425
Faro Focus Premium	Alta	0.054	1.372	0.122	3.099	0.231	5.867
	Media	0.122	3.099	0.243	6.172	0.481	12.217
	Baja	0.250	6.350	0.454	11.532	0.980	24.892
Leica BLKG2	Alta	0.117	2.972	0.231	5.867	0.483	12.268
	Media	0.231	5.867	0.481	12.217	1.001	25.425
	Baja	0.945	24.003	1.868	47.447	NA	NA
Leica P50	Media'	0.119	3.023	0.251	6.375	0.500	12.700

Tabla 1: Espaciado de puntos en los objetivos de los escáneres con tres ajustes de resolución.

*El escáner de alta resolución Z+F Imager 5016 sobre el objetivo a 5 m estaba parcialmente bloqueado por un objeto en movimiento en el momento de la exploración.

†El escáner Leica P50 sólo realizó el ajuste medio debido a la limitación de tiempo.

Nota: 1 pulg. = 25.4 mm; 1 m = 3.3 pies.

Resolución de los objetivos de escaneo

El conjunto de datos que genera un escáner láser se denomina nube de puntos. Una nube de puntos es un conjunto discreto de puntos de datos en el espacio. Cada punto tiene sus propias coordenadas XYZ en el espacio que corresponden con la coordenada de configuración del instrumento. La densidad o resolución de la nube de puntos determina la cantidad de datos que el usuario puede extraer de los datos en bruto del escáner. Aunque la densidad o resolución de la nube de puntos puede aumentarse registrando múltiples escaneos con mayores solapamientos, y una regresión por mínimos cuadrados es capaz de analizar el "mejor ajuste" a partir de datos de escaneo en bruto con menor densidad o resolución, los autores compararon la resolución de los datos en bruto de un solo escaneo del evento de disparo del escáner USIBD para proporcionar a los usuarios la información básica para la evaluación.

La resolución de la nube de puntos en un objetivo a una distancia de 10 m (33 pies) por escaneo de ajuste medio fue de 6,198, 6,909, 6,172, 6,375 y 12,217 mm (0,244, 0,272, 0,243, 0,251 y 0,481 pulg.), para Leica RTC360, Z+F Imager 5016, FARO Focus Premium, Leica P50 y Leica BLK G2, respectivamente. Parecen coincidir con las hojas de especificaciones del fabricante. La resolución del ajuste medio del Leica BLK G2 parece ser el doble, pero su ajuste de alta resolución en el objetivo a 10 m fue de 5,867 mm (0,231 pulg.). Algunos programas de procesamiento de nubes de puntos requieren un cierto número de puntos en un blanco B/N para extraer el centro del blanco. La Tabla 2 muestra el número de puntos en cada objetivo de cada escáner y cada ajuste de resolución.

Escáner láser	Resolución	Espacio entre puntos en objetivos de 6" B/N*		
		Objetivo a 5 m	Objetivo a 10 m	Objetivo a 20 m
Leica RTC360	Alta	7415	1809	418
	Media	1788	434	89
	Baja	379	94	16
Z+F Imager 5016	Alta*	6203	1808	530
	Media	1749	472	137
	Baja	446	115	27
Faro Focus Premium	Alta	7132	1681	318
	Media	1560	308	6
	Baja	389	50	0
Leica BLKG2	Alta	2064	516	102
	Media	509	115	18
	Baja	17	6	0
Leica P50	Media'	1783	419	93

Tabla 2: Recuento de puntos en los objetivos de los escáneres con tres ajustes de resolución.

*El escáner de alta resolución Z+F Imager 5016 sobre el objetivo a 5 m estaba parcialmente bloqueado por un objeto en movimiento en el momento de la exploración.

†El escáner Leica P50 sólo realizó el ajuste medio debido a la limitación de tiempo.

Nota: 1 pulg. = 25.4 mm; 1 m = 3.3 pies.

Recomendamos a los usuarios que tengan en cuenta el alcance y la resolución cuando utilicen el escaneo láser para verificar la tolerancia del concreto. Por ejemplo, ACI 117-10, Sección 4.2.1⁸, especifica una tolerancia de $\pm 1/2$ pulg. (13 mm) en la ubicación del borde de todas las aberturas; por lo tanto, la precisión del escaneo no debe ser superior a un tercio de la tolerancia, es decir entre $1/8$ y $3/16$ pulg. (3 y 5 mm). Sin tener en cuenta el error de registro del escaneo, el usuario debe elegir un escáner láser adecuado con un ajuste de resolución adecuado para realizar la verificación, y no debe utilizar un escáner con una resolución media para escanear una abertura de la losa situada a 20 m (65 pies) de la ubicación de configuración, porque la mayoría de los fabricantes no consiguen una resolución inferior a $3/16$ pulg. en esas condiciones. Sin embargo, se puede conseguir una resolución adecuada realizando múltiples escaneos con un mayor solapamiento. En ese caso, se necesitará una técnica de registro minuciosa y un procedimiento de control de calidad, que está fuera del alcance de este artículo.

Velocidad de escaneo

El tiempo suele ser muy ajustado en una obra de construcción, especialmente cuando se realiza un escaneo láser para un avance de obra en un calendario acelerado. Algunos usuarios consideran que la velocidad y la movilidad de un escáner láser son factores críticos. La Figura 3 muestra la duración de los escaneos realizados por cada escáner en cada ajuste de resolución. Un solo escaneo puede durar desde menos de 20 segundos hasta minutos, según el ajuste y la unidad que se utilice. En la actualidad, cada vez son más los fabricantes de escáneres láser y proveedores de software que ofrecen procesamiento in situ y tienen como objetivo una rápida entrega; sin embargo, el procesamiento en oficina sigue siendo recomendable cuando se trata de la verificación de tolerancias en el concreto.

Además, a veces la captura de escaneos de campo puede ser inferior a 10 escaneos, pero en algunos casos, puede llevar hasta cientos o incluso miles, y el registro en oficina y el procesamiento de garantía de calidad/control de calidad (QA/QC) no pueden comenzar hasta que se hayan completado los escaneos de campo. Por lo tanto, la velocidad de un escáner es fundamental para algunos usuarios.

El siguiente ejemplo proporciona a los usuarios, especialmente a los contratistas de concreto, una mejor idea de los tiempos de operación en campo esperados. Supongamos que se debe realizar un estudio de control de calidad de una losa de concreto elevada típica de 1,672 m² (18,000 pies²), y que necesitará un escaneado cada 9 m (30 pies) entre los tramos de pilares simétricos. Esto significa que tendrá unos 20 escaneos. Tenga en cuenta los siguientes elementos: el operador debe moverse de una configuración a otra, evitando objetos, lidiando con una conexión inalámbrica, nombrando escaneos y tomando notas. Digamos que esos elementos añaden 3 minutos de tiempo extra por cada escaneo. Además, se podría esperar que la adquisición de los controles topográficos (suponiendo que los controles topográficos estén disponibles en la losa) lleve 30 minutos. Utilizando estas adiciones y los tiempos mostrados en la Fig. 3, es evidente que el tiempo total de captura de campo puede variar de 1.5 a 3 horas. Si el lugar tiene múltiples obstrucciones y las exploraciones incluyen fotos, el tiempo de captura sobre el terreno puede incluso llenar una jornada de 8 horas. Sin embargo, el tiempo necesario puede reducirse escaneando sin fotos en algunos casos.

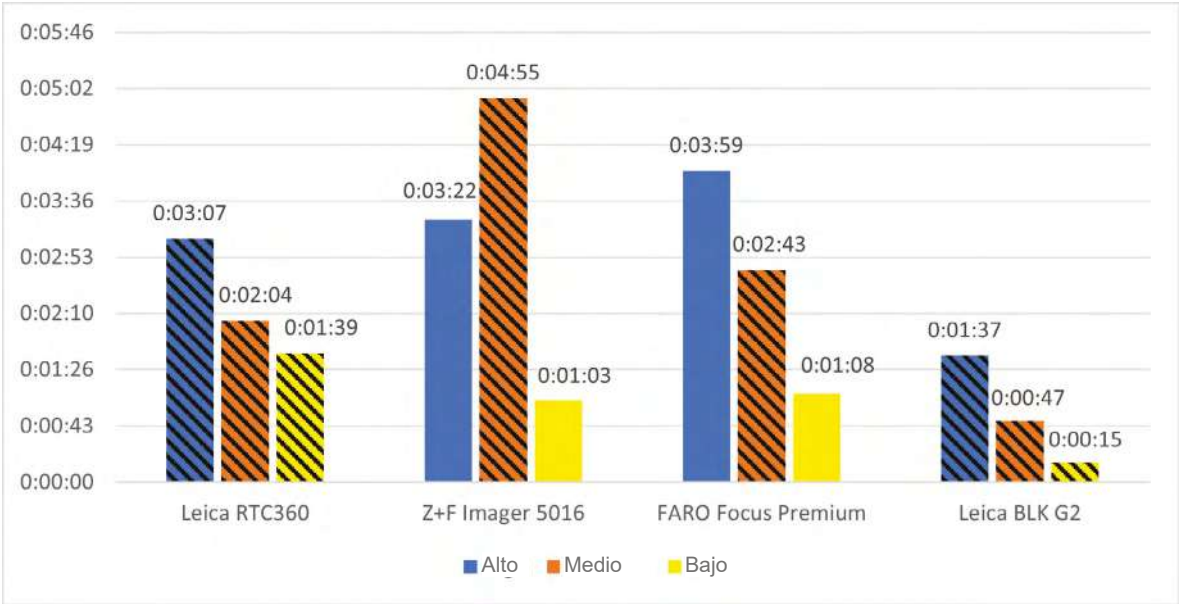


Fig. 3: Duración del escaneado (las barras sombreadas representan los escaneados con fotos) en minutos y segundos. El escáner Leica P50 con ajuste medio tardó aproximadamente 30 minutos debido a la adquisición del objetivo y la foto.

Medición punto a punto

Se extrajeron los centros de los objetivos (véase la Fig. 2) de cada exploración individual y se midieron las distancias punto a punto de centro a centro en los objetivos. Antes de la prueba, se realizó un estudio con una estación total externa y se establecieron las coordenadas locales relativas y la dirección norte. Cada objetivo se midió desde la estación total y las mediciones relativas de distancia punto a punto desde la estación total se establecieron como base para la comparación. La Tabla 3 muestra las distancias punto a punto de cada escáner en cada ajuste de resolución, y la Tabla 4 muestra las variaciones de medición de distancia entre los escáneres y la estación total. Algunos de los escáneres no pudieron extraer con precisión los centros de los objetivos debido a la falta de datos capturados en la superficie del objetivo, especialmente cuando los escáneres se ajustaron a configuraciones de baja resolución.

Los escáneres de alta y media resolución Leica RTC360, el escáner de alta resolución Z+F Imager 5016, el escáner de alta resolución FARO Focus Premium y el escáner de media resolución Leica P50 pudieron extraer los siete objetivos. El escáner de baja resolución Leica BLK G2 no pudo extraer ninguno de los siete objetivos. Las variaciones medias de medición entre cada escáner láser y la estación total fueron de 1/4 pulg. (los objetivos 202 y 203 se encontraban ambos a menos de 30 pies de la ubicación de instalación del escáner y pudieron ser extraídos por todos los escáneres excepto por el Leica BLKG2 de baja resolución). La media de variación de la medición de distancia del objetivo 202 a 203 fue de 1/8 pulg. en cada escaneo. Recomendamos extraer los datos a no más de 30 pies del escáner para lograr una precisión de 1/8 pulg. cuando se realiza un solo escaneo.

Además, el rodaje del escáner fue un evento de recopilación de datos en vivo en una sala de exposiciones de una conferencia muy concurrida, por lo que había muchos objetos en movimiento alrededor de la zona de pruebas, que era muy similar a un lugar de trabajo activo. Es difícil evitar que algunos datos críticos se bloqueen en estas condiciones, por lo que, en muchos casos del mundo real, los usuarios tendrían que realizar múltiples escaneos y registrar los escaneos mediante diferentes tipos de técnicas de registro. Sin embargo, estos pasos adicionales quedaron fuera del alcance de la prueba.

Instrumento	Resolución	Distancia punto a punto, ft							
		201 a 202	202 a 203	101 a 102	102 a 105	105 a 106	106 a 101	101 a 105	102 a 106
Estación Total	N/A	33.860	21.250	82.746	87.393	83.759	85.080	119.338	120.375
Leica RTC360	Alta	33.870	21.245	82.760	87.360	83.738	85.088	119.345	120.347
	Media	33.864	21.240	82.760	87.368	83.744	85.122	119.347	120.379
	Baja	—	21.234	—	—	83.742	85.092	119.334	—
Z+F Imager 5016	Alta	33.865	21.248	82.754	87.381	83.751	85.102	119.355	120.366
	Media	33.873	21.246	—	—	83.754	85.113	119.344	—
	Baja	—	21.245	—	—	—	—	—	—
Faro Focus Premium	Alta	33.877	21.248	82.741	87.361	83.745	85.105	119.329	120.367
	Media	33.874	21.243	—	—	83.745	85.103	119.320	—
	Baja	—	21.244	—	—	—	—	—	—
Leica BLKG2	Alta	33.886	21.230	—	—	—	—	119.344	—
	Media	—	21.235	—	—	—	—	119.309	—
	Baja	—	—	—	—	—	—	—	—
Leica P50	Media	33.871	21.237	82.731	87.368	83.738	85.086	119.326	120.350

Tabla 3: Distancias punto a punto de los escáneres láser.
 Nota: 1 ft = 0.3 m

Escáner Láser	Resolución	Variaciones de medición de distancia entre el escáner láser y la estación total, ft							
		201 a 202	202 a 203	101 a 102	102 a 105	105 a 106	106 a 101	101 a 105	102 a 106
Leica RTC360	Alta	0.01	0.005	0.014	0.033	0.021	0.008	0.007	0.028
	Media	0.004	0.01	0.014	0.025	0.015	0.042	0.009	0.004
	Baja	—	0.016	—	—	0.017	0.012	0.004	—
Z+F Imager 5016	Alta	0.005	0.002	0.008	0.012	0.008	0.022	0.017	0.009
	Media	0.013	0.004	—	—	0.005	0.033	0.006	—
	Baja	—	0.005	—	—	—	—	—	—
Faro Focus Premium	Alta	0.017	0.002	0.005	0.032	0.014	0.025	0.009	0.008
	Media	0.014	0.007	—	—	0.014	0.023	0.018	—
	Baja	—	0.006	—	—	—	—	—	—
Leica BLKG2	Alta	0.026	0.02	—	—	—	—	0.006	—
	Media	—	0.015	—	—	—	—	0.029	—
	Baja	—	—	—	—	—	—	—	—
Leica P50	Media	0.011	0.013	0.015	0.025	0.021	0.006	0.012	0.025
Media		0.013	0.009	0.011	0.025	0.014	0.021	0.012	0.015
Desviación Estándar		0.007	0.006	0.004	0.007	0.005	0.012	0.007	0.010
Máximo		0.026	0.020	0.015	0.033	0.021	0.042	0.029	0.028
Minímo		0.004	0.002	0.005	0.012	0.005	0.006	0.004	0.004
Rango		0.022	0.018	0.010	0.021	0.016	0.036	0.025	0.024

Tabla 4: Variación de la medida de distancia entre el escaner láser y la estación total, ft.
Nota: 1 ft = 0.3 m

Resumen

En la actualidad, el escaneo láser está atrayendo cada vez más la atención de los usuarios, especialmente de los contratistas de concreto, debido a su capacidad para proporcionar una imagen más amplia del avance en una obra durante las distintas fases de un proyecto. La alta velocidad y precisión de LiDAR ofrece a los contratistas de concreto la oportunidad de realizar en tiempo QA/QC y estudios de finalización de las obras más completos. Sin embargo, el creciente número de fabricantes y modelos de escáneres sin hojas de especificaciones estandarizadas supone un reto para los usuarios que intentan seleccionar la herramienta más adecuada para el trabajo. Las hojas de especificaciones de los escáneres USIBD se introdujeron para ayudar en esta tarea. Para lograr la precisión en la verificación de la tolerancia del concreto, recomendamos que se empiece por definir su intención. El Subcomité 117-L, dentro del Comité Conjunto ACI-ASCC 117, está trabajando en un documento para proporcionar a los usuarios de escáneres la información necesaria para comprender el uso del escaneo láser y su resultado en términos de verificación de la tolerancia del concreto.

El USIBD está planeando un futuro evento sobre escáneres SLAM para ofrecer a los usuarios una comparación en profundidad de la tecnología de escaneo láser móvil, que está experimentando un rápido crecimiento. Además, el USIBD y el Instituto Nacional de Normas y Tecnología (NIST) están estudiando una colaboración para seguir desarrollando las hojas de especificaciones de los escáneres del USIBD.

Grupo de Objetivos	Escáner Láser												
	Leica RTC360, ft			Z+F Imager 5016, ft			Faro Focus Premium, ft			Leica BLKG2, ft			Leica P50, ft
	Alta	Media	Baja	Alta	Media	Baja	Alta	Media	Baja	Alta	Media	Baja	Media
201 a 202	0.010	0.004	—	0.005	0.013	—	0.017	0.014	—	0.026	0.014	—	0.011
202 a 203	0.005	0.010	0.016	0.002	0.004	0.005	0.002	0.007	0.006	0.020	0.007	0.006	0.013
101 a 102	0.014	0.014	—	0.008	—	—	0.005	—	—	—	—	—	0.015
102 a 105	0.033	0.025	—	0.012	—	—	0.032	—	—	—	—	—	0.025
105 a 106	0.021	0.015	0.017	0.008	0.005	—	0.014	0.014	—	—	—	—	0.021
106 a 102	0.008	0.042	0.012	0.022	0.033	—	0.025	0.023	—	—	—	—	0.006
101 a 105	0.007	0.009	0.004	0.017	0.006	—	0.009	0.018	—	0.006	0.029	—	0.012
102 a 106	0.028	0.004	—	0.009	—	—	0.008	—	—	—	—	—	0.025
Media	0.016	0.015	—	0.010	0.012	—	0.014	0.015	—	0.017	0.022	—	0.016
Desv. Est.	0.010	0.012	—	0.006	0.011	—	0.010	0.005	—	0.008	0.007	—	0.007
Máximo	0.033	0.042	—	0.022	0.033	—	0.032	0.023	—	0.026	0.029	—	0.025
Mínimo	0.005	0.004	—	0.002	0.004	—	0.002	0.007	—	0.006	0.015	—	0.006
Rango	0.028	0.038	—	0.020	0.029	—	0.030	0.016	—	0.020	0.014	—	0.019

Tabla 5: Variación de la medición de distancia entre el escáner láser y la estación total por fabricante
Nota: 1 ft = 0.3 m

Abogamos por una investigación adicional sobre el uso de escáneres láser en la industria del concreto. Este trabajo mejorará la comprensión por parte de los usuarios de la información fundamental sobre el escaneo láser, incluidos los aspectos de hardware y software, y fomentará una aplicación más coherente de esta herramienta.

Créditos del Proyecto

U.S. Institute of Building Documentation (USIBD); Christopher Kercheval, TopKerv Consulting; Andrew Seward, PrecisionPoint, Inc.; Dustin Manning, Luxpoint; Ken VanBree, e-Builds; Josh DeStefano, DPR Construction; y Cole Pooler, Architectural Resource Consultants.

Referencias

1. ASTM E3125-17, "Standard Test Method for Evaluating the Point-to-Point Distance Measurement Performance of Spherical Coordinate 3D Imaging Systems in the Medium Range," ASTM International, West Conshohocken, PA, 2017, 38 pp.
2. Comité 117 del ACI, "Guía para la compatibilidad de tolerancias en la construcción de concreto (ACI 117.1R-14)," American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2014, 47 pp.
3. Paul, W.; Klinger, J.; y Suprenant, B.A., "ASCC 3-D Laser Scanning Study," Concrete International, V. 41, No. 1, Jan. 2019, pp. 22-29.
4. Paul, W.; Klinger, J., y Suprenant, B.A., "ASCC 3-D Laser Scanning Study," Concrete International, V. 42, No. 2, Feb. 2020, pp. 30-36.
5. Zhang, L.; Klinger, J.; y Suprenant, B.A., "F-numbers and Textured Concrete Surface Finishes," Concrete International, V. 44, No. 5, May 2022, pp. 33-41.
6. Zhang, L.; Klinger, J.; y Suprenant, B.A., "Presenting Laser Scan Results for Slabs-on-Ground," Concrete International, V. 44, No. 9, Sept. 2022, pp. 43-51.
7. "Scanner Shootout Report," U.S. Institute of Building Documentation, Tustin, CA, 2023.
8. ACI Committee 117, "Specification for Tolerances for Concrete Construction and Materials (ACI 117-10) and Commentary (Reapproved 2015)," American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2010, 76 pp.

Seleccionado para el interés del lector por los editores.



Lingfeng (Leo) Zhang, miembro de ACI, es director de Construcción Virtual en The Conco Companies, San Francisco, CA, EE.UU. Es presidente del Subcomité 117-L de ACI, Escaneado Láser. Zhang también es miembro del Comité 131 del ACI, Building Information Modeling of Concrete Structures, y del Comité Conjunto ACI-ASCC 117, Tolerancias. Zhang es licenciado en Física de Materiales por la Universidad Tecnológica de Dalian (China) y en Gestión de la Construcción por la Universidad de Florida (Gainesville, EE.UU.).



M. Russo es arquitecto y fundador de Architectural Resource Consultants (ARC), una empresa especializada en servicios profesionales de documentación de edificios para las comunidades de arquitectos, ingenieros, constructores y propietarios/operadores. En 2011, fundó el Instituto Estadounidense de Documentación de Edificios (USIBD), una organización sin ánimo de lucro dedicada a promover la excelencia en la documentación de edificios, donde actualmente es presidente y miembro del Consejo de Administración. En 2012, recibió el premio "SPAR Star Award 2012". Además, Russo pronuncia discursos de apertura y actúa como ponente destacado en ferias y conferencias del sector y colabora como autor para LiDAR News y GeoDataPoint. Se licenció en Administración de Empresas por la Universidad Estatal de California, Fullerton, CA, EE.UU., y obtuvo el título de arquitecto por el Orange Coast College, Costa Mesa, CA. Es arquitecto colegiado en California.

La traducción de este artículo correspondió al Capítulo Argentina

Título: Conceptos básicos del escaneado láser para la verificación de tolerancias en el concreto



Traductor:
Guido Ebbro Conti



Revisión Técnica:
Ing. Juan Ignacio Belleri

ACI 318 PLUS: Una herramienta digital interactiva para impartir cursos de diseño de concreto

Por Benjamin Z. Dymond, Brock D. Hedegaard, Andrea J. Schokker, Trey Hamilton, y Michael L. Tholen.

En 2021, ACI lanzó ACI 318 PLUS, un servicio de suscripción anual que proporciona acceso interactivo al ACI 318-19: Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural y Comentario (el Código)¹, el ACI Manual Detallado² y numerosos ejemplos de diseño en el Manual de Diseño de Concreto Armado ACI³. La plataforma ACI 318 PLUS se ha diseñado para:

- Proporcionar a los usuarios del Código una mayor facilidad de acceso y utilidad que los manuales tradicionales impresos o en PDF.
- Vincular diversos recursos valiosos de ACI con las disposiciones apropiadas del Código y los Comentarios.

Aunque ACI 318 PLUS se abre inicialmente como una copia en PDF del Código en la pantalla de un ordenador, pronto se hacen evidentes importantes mejoras. Los usuarios descubren rápidamente que la plataforma incluye enlaces en el documento a recursos relacionados, funciones de búsqueda mejoradas y sólidas funciones digitales para tomar notas⁴. Específicamente, la funcionalidad de toma de notas digitales permite a los suscriptores (como la división de ingeniería estructural de una empresa consultora o los estudiantes matriculados en un curso universitario de diseño de concreto) crear y mantener hasta 10 conjuntos de notas digitales únicas (conjuntos ilimitados para los miembros de la Red Docente de ACI) que se adjuntan a la disposición y sección de comentarios apropiados del Código ACI-318-19, como se muestra en la Fig. 1. Además, los conjuntos de notas se pueden compartir con otros suscriptores de ACI 318 PLUS.

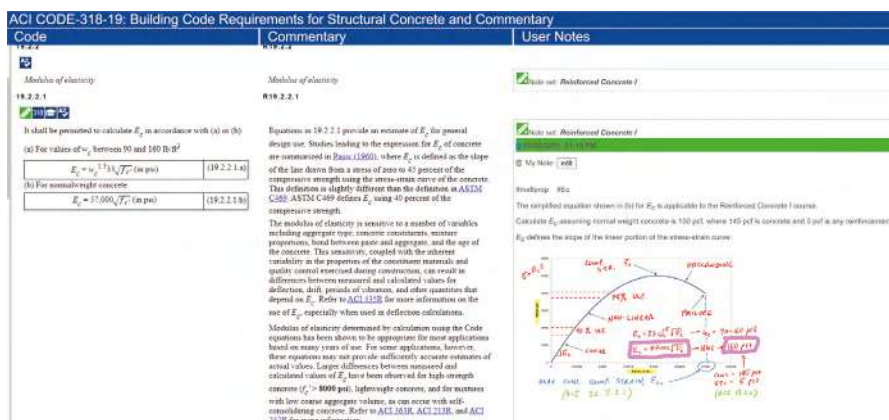


Fig. 1: Captura de pantalla de ACI 318 PLUS que muestra el Código (izquierda), el Comentario (centro) y el Conjunto de Notas de Usuario (derecha) asociado con la Sección 19.2.2.1 para el conjunto de notas titulado Concreto Armado I

Conjunto de notas

Impreso

El material didáctico necesario para los estudiantes de los cursos universitarios de ingeniería de concreto estructural puede variar ampliamente, desde los tradicionales libros de texto impresos hasta los libros de texto digitales gratuitos de libre acceso en línea. Algunos docentes exigen que los estudiantes adquieran un ejemplar impreso del Código ACI 318 al precio de membresía estudiantil (aproximadamente un 40% más económico que el precio de membresía y un 65% más económico que el precio para no miembros). Los estudiantes con copias impresas del Código pueden anotar su volumen a lo largo de varios cursos (por ejemplo, mientras completan el trabajo en clase o las tareas individuales o mientras se preparan para un examen de libro abierto) antes de graduarse y entrar en el mundo laboral. Como nuevos profesionistas, estos ex alumnos mantienen el acceso a una gran cantidad de material personalizado de varios cursos en un único documento.

Impreso Plus

Cada comprador de una copia impresa del código ACI-318 recibe una suscripción gratuita de 1 año a ACI 318 PLUS, y este beneficio se extiende a los estudiantes. Esta plataforma en línea permite mantener conjuntos de notas de usuario personalizados y digitales. Los estudiantes graduados que se incorporan al mundo laboral pueden mantener el acceso a su material personalizado en un único repositorio en línea, incluidos los apuntes acumulados en varios cursos. Además, si su empresa se suscribe a ACI 318 PLUS y mantiene un conjunto de apuntes de usuario, estos empleados de nuevo ingreso podrán acceder a la base de conocimientos de ingeniería del concreto de su empresa desde cualquier continente y en cualquier momento.

Capacidades de red docente

Los docentes que imparten clases de concreto pueden aprovechar ACI 318 PLUS para aumentar la experiencia de aprendizaje en el aula. El profesorado puede producir conjuntos de notas del

curso que pueden compartirse con los estudiantes como referencia. También es posible utilizar métodos de enseñanza más innovadores, como la incrustación de notas en el Código y el Comentario para realizar pruebas en clase, búsquedas de disposiciones del Código o ejemplos prácticos. Los miembros de la Red Docente de ACI pueden acceder gratuitamente a ACI 318 PLUS⁵.

Para explorar el concepto de implementación de ACI 318 PLUS en un formato universitario de varios cursos, se crearon conjuntos de notas para tres cursos universitarios de ingeniería en concreto estructural en el año académico 2021-2022. Al final del proyecto, el personal de ACI revisó los juegos de notas y los aprobó para su distribución a la Red de Profesores de ACI. Los tres cursos fueron:

- Concreto Armado I — cubriendo temas introductorios en materiales de concreto, cargas estructurales y diseño de concreto armado;
- Concreto Armado II — cubriendo temas avanzados de diseño estructural de concreto; y
- Concreto preesforzado — cubriendo temas introductorios en materiales de concreto preesforzado y diseño estructural.

El objetivo de la creación de estos juegos de notas era triple:

- Proporcionar a los estudiantes acceso digital a las notas del curso de su instructor, directamente vinculadas a la sección pertinente del Código ACI-318;
- Permitir que los estudiantes copien o modifiquen los apuntes de un docente en un conjunto de apuntes personalizados con sus propias anotaciones que podrían trasladarse a cursos sucesivos de concreto. Por ejemplo, se podría acceder a las notas creadas en Concreto Armado I mientras se está matriculado en Concreto Armado II o Concreto Preesforzado; y
- Generar plantillas completas de conjuntos de notas para estos tres cursos y distribuirlos a los miembros interesados de la Red Docente de ACI, que pueden suscribirse gratuitamente a ACI 318 PLUS.

Acceso y gestión de conjunto de notas

Los suscriptores pueden gestionar y crear conjuntos de notas en ACI 318 PLUS a través de la barra de navegación de personal, como se muestra en la Fig. 2. Al hacer clic en el botón "Gestionar notas", los usuarios acceden a una página web independiente de gestión de notas. Las distintas secciones de la página web de gestión de notas se tratan en profundidad en las secciones siguientes.

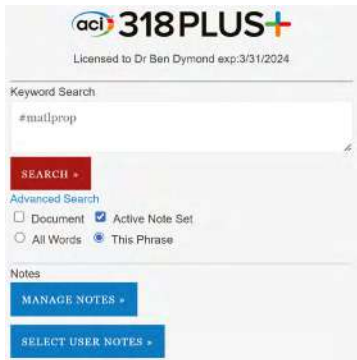


Fig. 2: Captura de pantalla de la barra de herramientas de navegación de ACI 318 PLUS, en la que los usuarios pueden buscar por palabra clave (#matlprop en esta figura), gestionar notas y seleccionar las notas de usuario que se mostrarán.

Copia de plantillas de conjuntos de notas de la red de docentes

Los miembros de la Red de docentes ACI pueden copiar las tres plantillas de conjuntos de notas creadas y examinadas como parte de este proyecto para implementarlas en sus propios cursos, como se muestra en la Fig. 3. Una vez copiadas, las plantillas pasan a formar parte de la colección del usuario y están disponibles para su acceso y edición en ACI 318 PLUS. La copia de uno de estos conjuntos de notas crea un conjunto de notas separado e individualizado dentro del perfil del usuario. Aunque los usuarios pueden realizar y guardar cambios, las modificaciones no afectan a las plantillas originales de los conjuntos de notas.

Creación de nuevas notas de usuario

Los miembros de la red de docentes ACI pueden crear una cantidad ilimitada de conjuntos de notas nuevos (o copiados) (frente a un límite de 10 conjuntos de notas para otros usuarios). El primer paso consiste en crear y asignar un nombre a un conjunto de notas individuales, como se muestra en la Fig. 4. Este conjunto se completará automáticamente en ACI 318 PLUS, que es donde se genera, visualiza y guarda el contenido de cada

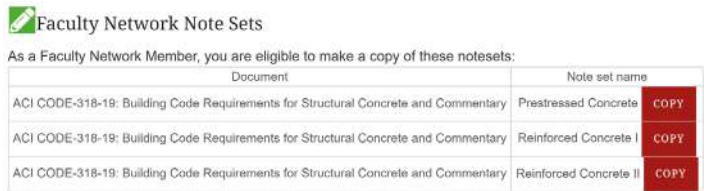


Fig. 3: Captura de pantalla de la interfaz de gestión de notas de ACI 318 PLUS, en la que los miembros de la red de docentes de ACI pueden copiar conjuntos de notas existentes revisados por el personal de ACI navegación.

conjunto de notas. El contenido de cada conjunto de notas se genera en ACI 318 PLUS mediante el uso de un software de edición que crea el contenido en una forma que se asemeja a su apariencia cuando se muestra como un producto terminado (un sistema "lo que ves es lo que obtienes" o WYSIWYG por sus siglas en inglés); este estilo de sistema de edición es similar a los sistemas universitarios de gestión del aprendizaje como Canvas.



Fig. 4: Captura de pantalla de la interfaz de gestión de notas de ACI 318 PLUS, donde los usuarios pueden crear nuevos conjuntos de notas.

Compartir notas de usuario

Una vez creadas (o copiadas de la plantilla de notas), las notas pueden compartirse con cualquier usuario que tenga acceso a ACI 318 PLUS, lo que puede incluir estudiantes, colegas o compañeros de trabajo dentro de la misma empresa de ingeniería. Las invitaciones para compartir (o dejar de compartir) conjuntos de notas se envían a través de la interfaz de gestión de notas, como se muestra en la Fig. 5. Las invitaciones se envían introduciendo la dirección de correo electrónico de cada persona. Las invitaciones se anulan borrando a cada usuario individual, como se muestra en la parte inferior de la Fig. 5. Estos conjuntos de notas compartidas se actualizan automáticamente cuando el autor original realiza cambios, pero no pueden ser modificados por la persona con la que se comparten. Los usuarios de ACI 318 PLUS también pueden gestionar (eliminar) los conjuntos de notas que se han compartido con ellos, como se muestra en la Fig. 6.

Name	Email	Invited	status	Active
Dr Brock D Hedegard	bhedeg@t.umn.edu	3/27/2022 08:34 AM	Accepted: 5/27/2022 08:55 AM	<input checked="" type="checkbox"/>

Fig. 5: Captura de pantalla de la interfaz de gestión de notas de ACI 318 PLUS, en la que los usuarios pueden compartir o rescindir conjuntos de notas.

Owner	Not Set Name	Email	Invited	status
Dr Andrea J Schokker	Prestressed Concrete	andrea.schokker@concrete.org	01/27/2022 10:30 AM	Paused: 05/01/2023 12:38 PM

Fig. 6: Captura de pantalla de la interfaz de gestión de notas de ACI 318 PLUS en la que se indican los conjuntos de notas que se comparten con el usuario de ACI 318 PLUS.

Aplicación de ACI 318 PLUS y notas para el usuario

Los usuarios pueden acceder a los conjuntos de notas seleccionando y mostrando las notas de usuario en la interfaz de ACI 318 PLUS, como se muestra en la Fig. 7. Por ejemplo, la Fig. 8 y la Fig. 1 muestran la interfaz ACI 318 PLUS con las notas de Concreto Armado I. Debido a la extensión y complejidad del Código y Comentario ACI 318, la búsqueda de información en un conjunto de notas ACI 318 PLUS completo se realiza más fácilmente con una búsqueda avanzada de temas utilizando la barra de herramientas de navegación.

MANAGE NOTES

SELECT USER NOTES

☒ Show User Notes

Note sets:(checked=active)

- ☒ Reinforced Concrete I
- ☐ Faculty Network Copy of Prestressed Concrete
- ☐ Faculty Network Copy of Reinforced Concrete I
- ☐ Faculty Network Copy of Reinforced Concrete II

Shared Note sets:(checked=active)

- ☐ Prestressed Concrete

Fig. 7: Captura de pantalla de la barra de herramientas de navegación de ACI 318 PLUS donde los usuarios pueden seleccionar y mostrar conjuntos de notas; las notas de usuario de Concreto Armado I están seleccionadas en esta figura.

Reinforced Concrete (RC)

This note set was created by Dr. Ben Dymond during Fall 2021.

The list below outlines some topics taught in an introductory reinforced concrete course.

Find specific topics:

- Use the "Advanced Search" by keyword.
- The keywords are the keywords listed below near the appropriate topic.
- Only check the "Active Note Set" and "This Phrase" options.

List of topics by subject and with associated search hashtag:

Topic	Hashtag
1. Material properties	#materialprop
Compressive strength	#fc
Modulus of elasticity	#Ec
Ultimate concrete strain	#epsiloncu
Modulus of rupture	#fr
Steel reinforcement	#As
2. Loads	#loads
Live loads	#livesloads
Self-weight	#sw
Live load reduction	#LLR
Load combinations	#LC

Fig. 8: Captura de pantalla de ACI 318 PLUS con un conjunto de notas de Concreto Armado I; el lado derecho de esta figura muestra la entrada inicial del conjunto de notas que describe la búsqueda de palabras clave asociadas a cada tema mediante un hashtag (#).

Para facilitar este proceso, la primera entrada de cualquier conjunto de notas debe situarse junto a la portada de ACI 318 PLUS. Esta entrada inicial debe describir el contenido del conjunto de notas y debe delinear específicamente los términos de búsqueda de palabras clave asociados con cada tema utilizando un hashtag (#), como se muestra en la Fig. 8. Por ejemplo, la lista de temas por materia y el hashtag de búsqueda correspondiente mostrados en la Fig. 8 indican que la información del conjunto de notas asociada a las propiedades de los materiales de refuerzo de concreto o acero puede encontrarse con el hashtag #matlprop. Así, los usuarios de ACI 318 PLUS pueden realizar una búsqueda avanzada por palabra clave dentro de su conjunto de notas para encontrar todas las ubicaciones en las que se tratan las propiedades de los materiales, como se muestra en la Fig. 2, donde la entrada de búsqueda por palabra clave es #matlprop. La Figura 1 muestra un ejemplo de resultado de la búsqueda por palabra clave #matlprop dentro del conjunto de notas, donde el usuario de ACI 318 PLUS ha navegado hasta ACI 318-19, Sección 19.2.2.1 y Comentario Sección R19.2.2.1, y la entrada asociada del conjunto de notas para leer sobre el módulo de elasticidad del concreto (E_c). Este método de navegación es eficiente para cualquier usuario de ACI 318 PLUS que conozca el tema de interés pero que no conozca la sección relevante dentro del Código o del Comentario. Alternativamente, el usuario puede navegar por el Código y el Comentario por títulos de capítulos y encabezados de primer nivel, como se muestra en la Fig. 9; los encabezados inferiores al primer nivel no muestran los títulos de sección asociados.

Resumen

ACI 318 PLUS proporciona a los usuarios un acceso digital interactivo por suscripción al Código ACI 318-19, el Manual Detallado ACI y el Manual de Diseño de Concreto Armado ACI. Dentro de esta plataforma, los usuarios pueden acceder a enlaces dentro del documento a recursos relacionados, aprovechar las sólidas capacidades digitales de toma de notas y realizar búsquedas avanzadas en el Código, el Comentario o las notas de usuario. Las plantillas de notas para tres cursos universitarios de ingeniería en concreto

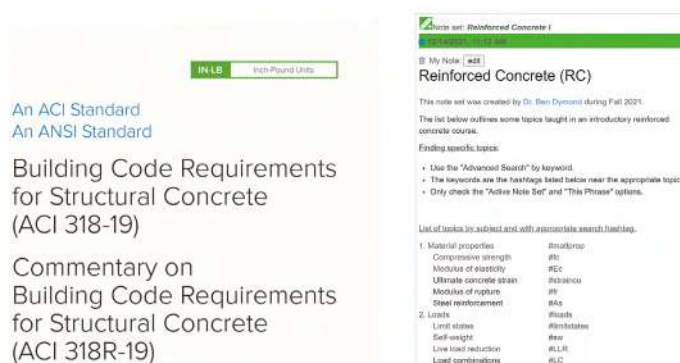


Fig. 9: Captura de pantalla de la barra de herramientas de navegación de ACI 318 PLUS abierta en Código ACI- 318-19, Sección 19.2.2.1.

estructural (Concreto Armado I, Concreto Armado II y Concreto Presforzado) han sido revisadas por el personal de ACI y están disponibles para uso de los miembros de la Red de Docentes de ACI. Para más información sobre cómo suscribirse a ACI 318 PLUS o unirse a la Red de Docentes ACI, se recomienda a los lectores que accedan a los enlaces proporcionados en las Referencias 4 y 5.

Referencias

1. ACI Committee 318, "Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary (ACI CODE-318-19) (Reapproved 2022)," American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2019, 624 pp.
2. ACI Detailing Manual (MNL-66(20)), American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2020, 500 pp.
3. ACI Reinforced Concrete Design Handbook (MNL-17(21)), American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2021.
4. "ACI 318 PLUS," American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2023, www.concrete.org/publications/aci318plus.aspx.
5. "Faculty Network," www.concrete.org/educatorsandresearchers/facultynetwork.aspx.

Seleccionados por los editores por su interés para el lector.



Benjamin Z. Dymond, miembro de ACI, es profesor asociado del Departamento de Ingeniería Civil, Gestión de la Construcción e Ingeniería Medioambiental de la Universidad del Norte de Arizona, Flagstaff, AZ, EE.UU. Es presidente del Comité S802 del ACI, Métodos de Enseñanza y Materiales Educativos, secretario del Comité 342 del ACI, Evaluación de Puentes de Concreto y Elementos de Puentes, y miembro de varios otros comités del ACI. Sus intereses de investigación incluyen el diseño y análisis de sistemas estructurales de concreto y sus componentes, investigaciones experimentales, seguimiento estructural a largo plazo y formación en ingeniería. Obtuvo su licenciatura y máster en ingeniería civil en el Instituto Politécnico y Universidad Estatal de Virginia (Virginia Tech), Blacksburg, VA, EE.UU., y su doctorado en la Universidad de Minnesota, Twin Cities, Minneapolis, MN, EE.UU.



Andrea J. Schokker, FACI, es Ingeniera del ACI y Consultora Técnica Senior y Asesora de la Junta de NEU: Un Centro de Excelencia del ACI para el Concreto Neutro en Carbono. Obtuvo su licenciatura y máster en ingeniería civil (estructuras) en la Universidad de Washington en San Luis (San Luis, MO, EE. UU.) y su doctorado en la Universidad de Texas en Austin (Austin, TX, EE. UU.).



Brock D. Hedegaard, Brock D. Hedegaard, miembro de ACI, es profesor asociado de ingeniería civil en la Universidad de Minnesota Duluth, Duluth, MN. Es miembro de los comités ACI 209, Fluencia y retracción en el concreto; 342, Evaluación de puentes y elementos de puentes de concreto; 435, Deflexión de estructuras de construcción de concreto; y 444, Control de la salud estructural. Sus intereses de investigación incluyen el comportamiento en función del tiempo de las estructuras de concreto, la monitorización de la salud estructural y la modelización multiescala. Se doctoró en la Universidad de Minnesota, Twin Cities.



Trey Hamilton, FACI, es Ingeniero del ACI y secretario del Comité Mixto ACI-PCI 319, Código de Concreto Estructural Pretensado, y del Comité Mixto ACI-PTI 320, Código de Concreto Estructural Postensado. Obtuvo su licenciatura y máster en la Universidad de Florida, Gainesville, FL, EE.UU., y su doctorado en la Universidad de Texas en Austin. Es ingeniero profesional autorizado en Florida y Wyoming.



Michael L. Tholen, es el Director General de Operaciones Técnicas de ACI. Es secretario del Comité de Normas de Construcción del Comité de Actividades Técnicas (TAC) de ACI y Enlace de Personal del Subcomité de Productividad y Constructibilidad del TAC de ACI. Obtuvo su licenciatura en ingeniería arquitectónica y su máster y doctorado en ingeniería civil en la Universidad de Kansas, Lawrence, KS, EE.UU. Tholen es ingeniero profesional licenciado en el estado de Kansas.

La traducción de este artículo correspondió al Capítulo Perú

Título: ACI 318 PLUS: Una herramienta digital interactiva para impartir cursos de diseño de concreto



Traductor y Revisión Técnica:
Ing. Julio Antonio Higashi Luy

CONVOCATORIA 2023

CONCRETO

LATINOAMÉRICA

Desde 2023 puedes publicar tus artículos de investigación y casos de estudio en nuestra revista.

¡Es muy fácil!

Descarga la 1) Guía de Publicación
y 2) Carta de Solicitud en estos
códigos QR:

1



2



Una vez descargada la Guía, conocerás los requisitos para publicación y podrás llenar la solicitud, firmarla y enviarla a la Revista Concreto Latinoamérica a través del correo **concretolatam@gmail.com**

**Tú solicitud y artículo serán evaluados
para su publicación.**



Realidades Aumentadas

Si ha tenido la dicha de viajar a la República de Irlanda, le recomiendo una visita a Marconi Station. Hoy en día es un parque bucólico en la costa oeste del país y este lugar tuvo un papel muy importante en el desarrollo de dos de las tecnologías más disruptivas de principios del siglo veinte: la comunicación inalámbrica y los vuelos con motor. Como corresponde, las exposiciones del parque incluyen una transición de baja tecnología a una de las tecnologías disruptivas de hoy en día: la Realidad Aumentada (RA) (ver Figura 1).

La Realidad Aumentada es una tecnología que mejora nuestra experiencia superponiendo información a nuestras percepciones del mundo real. A diferencia de la realidad virtual que crea un entorno totalmente nuevo e independiente, la RA incluye elementos virtuales que interactúan con lo que ya existe.

Si bien el término se relaciona comúnmente con cascos de realidad virtual (HMDs) o pantallas de tabletas electrónicas, la RA puede aplicarse ampliamente a cualquier tecnología que mejore nuestra experiencia (incluyendo una fotografía cuidadosamente orientada sobre una placa de vidrio). Todo se trata de comunicar información esencial, a menudo tan sólo proyectando líneas sobre superficies de trabajo.

En este artículo abordaré brevemente tres herramientas de RA que se están aplicando en la industria de la construcción: sistemas de proyección láser, impresoras de construcción bidimensionales (2-D) y pantallas de dispositivos móviles. Cada uno de estos sistemas son capaces de superponer datos desde un software de modelado de información de construcción (BIM, por sus iniciales en inglés) al mundo real. Para garantizar la precisión, todas estas tecnologías requieren que los puntos de referencia dentro de los modelos BIM se registren (o anclen) en los puntos correspondientes del mundo real.

Sistemas de Proyección Láser Resumen

Los sistemas de proyección láser datan por lo menos de 1988, cuando Rolph W. Seiffert fundó Seiffert Lasertechnik (SL-Laser) construyó sistemas para proyectar perfiles sobre piezas de trabajo en fábricas controladas numéricamente por computadora (CNC, por sus iniciales en inglés). Desde entonces la tecnología ha avanzado y ahora incluye sistemas de proyección utilizados en plantas de concreto precolado para localizar incrustaciones y extremos de cimbras, así como en sitios de construcción para ubicar muros interiores y redes de ductos. Además de las líneas, la información proyectada puede incluir texto y símbolos. Si bien la proyección láser funciona bien en interiores, los rayos láser “pierden color” a la luz directa del sol y, por lo tanto, no son adecuados para construcción en exteriores.

Proveedores

- FARO: www.faro.com
- LightYX: www.lightyx.com
- SL-Laser: www.sl.laser.com

Impresoras de Construcción 2-D

Resumen

Las impresoras 2-D son robots móviles autónomos (AMRs, por sus iniciales en inglés) que superponen información BIM directamente sobre superficies de construcción utilizando chorros de tinta. Al igual que con los sistemas de proyección láser, la información impresa puede incluir líneas, texto y símbolos. No obstante, en comparación con los sistemas de proyección láser, la información superpuesta persiste después de que los AMRs han abandonado el espacio de trabajo. Al igual que con los sistemas de proyección láser, la información puede incluir líneas, texto y símbolos. Si bien las aplicaciones comunes incluyen la capacidad de localización de muros interiores y puertas en pisos, las impresoras también pueden utilizarse para ubicar cimbras y partes incrustadas en superficies coladas, tales como pisos de losa sobre terreno (para construcción vertical) y cubiertas de cimbra (para pisos elevados). Aunque las tintas pueden ser persistentes, algunos proveedores han introducido tintas que se decoloran a medida que pasa el tiempo o que pueden borrarse fácilmente, evitando así conflictos con usos descendentes.

Proveedores, nombres de dispositivos

- August Robotics, Lionel: <https://construction.augustrobotics.com>
- Dusty Robotics, Dusty: www.dustyrobotics.com
- HP, HP SitePrint: www.hp.com/us-en/printers/site-print/layout-robot.html
- Monsen Engineering, Tiny Surveyor: www.monsenengineering.com/survey/tinysurveyor
- Rugged Robotics: www.rugged-robotics.com

Pantallas de Dispositivos Móviles

Resumen

Los HMDs y las pantallas de tabletas electrónicas no requieren superficies para la proyección de información. Debido a que las pantallas del dispositivo pueden mostrar imágenes tridimensionales (3-D), aún con objetos virtuales en el espacio, los usuarios pueden utilizarlos para visualizar trabajo futuro y evitar conflictos potenciales con materiales existentes. Además, los usuarios pueden utilizar pantallas de dispositivos móviles para inspeccionar y verificar rápidamente las dimensiones críticas.

Proveedores de dispositivos, nombres de los dispositivos

- Apple, iPad: www.apple.com
- Honeywell, Honeywell 360: <https://aerospace.honeywell.com>
- Magic Leap, Magic Leap 2: www.magicleap.com/en-us
- Microsoft, HoloLens2: www.microsoft.com
- Samsung, Galaxy Tab: www.samsung.com
- Trimble, XR10 with HoloLens2: <https://fieldtech.trimble.com>
- XYZ Reality, Atom: www.xyzreality.com

Aplicaciones

- Argyle: www.argyle.build
- Trimble, Trimble Connect: <https://fieldtech.trimble.com>

Argyle AR

Los modelos de información de construcción se transfieren a Argyle AR mediante un Revit add-in. Revit es la forma en que el líder BIM del proyecto mantendrá el modelo actualizado, establecerá nuevas tareas y enviará hologramas al sitio de la obra. Una vez cargado en Argyle, el modelo puede visualizarse en el sitio en 1:1 AR.



Atom

El casco Atom AR está hecho específicamente para la industria de la construcción. La herramienta grado ingeniería combina un casco de seguridad, pantallas RA y capacidad integrada de procesamiento en computadora. Al posicionar hologramas de modelos de diseño en sitio con precisión milimétrica, esta herramienta hace que el proceso de construcción sea más seguro, más inteligente y eficiente, permitiendo construir bien desde la primera vez.



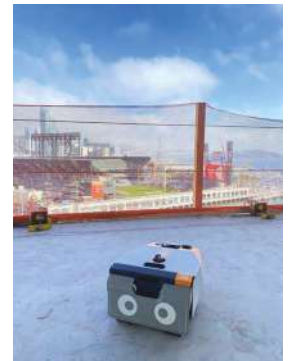
August Robotics Lionel

El robot Lionel es completamente autónomo y permite que las cuadrillas de construcción marquen sus planos de piso con rapidez justo en el sitio. Lionel funciona de forma eficiente en espacios con columnas y otras obstrucciones; detecta y evita de forma inteligente obstáculos tanto estáticos como dinámicos.



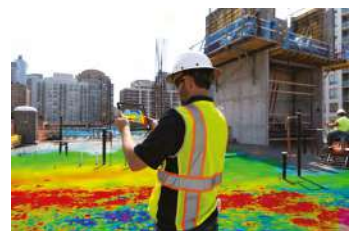
Dusty Robotics

La solución emblemática de Dusty Robotics, FieldPrinter, automatiza el proceso de tomar planos de piso digitales en los sitios de la construcción imprimiéndolos en tamaño completo en el piso mediante una combinación de hardware, software y servicios. Esta solución integral garantiza que todos los involucrados construyan a partir de los mismos planos, eliminando así errores, agilizando la solución de conflictos y reduciendo significativamente el costo y duración de la construcción (fotografía cortesía de Business Wire).



FARO Flatness Check App

Flatness Check App de FARO es una forma sencilla de evaluar la planicidad del piso utilizando sólo un iPad. La vista de la RA le permite ver los puntos altos y bajos en la losa. Utilícelo sobre concreto fresco vaciado en el sitio antes de que fragüe, o sobre una losa ya existente. Conéctelo con un FARO Focus Laser Scanner para adquirir y apalancar los datos del punto en la nube con el propósito de realizar la evaluación de la planicidad.



Honeywell 360 Display

Honeywell 360 Display utiliza la RA para proporcionarles a los operadores de equipo pesado una vista clara de lo que está sucediendo alrededor de su vehículo. El sistema incluye un visor ligero, una computadora y cámaras montadas fuera del vehículo. En los lentes del visor se proyecta una vista 3-D a todo color del mundo exterior, junto con la información de la operación del vehículo.



HP SitePrint

HP SitePrint es una solución robótica que acelera disposiciones complejas del sitio de la construcción con precisión milimétrica. HP SitePrint está disponible en los Estados Unidos, Canadá, Reino Unido e Irlanda, siguiendo un exitoso Programa de Acceso Temprano con algunos de los nombres más importantes de la construcción.



LightYX BeamerOne

La solución de trazo LightYX convierte planos digitales (CAD/Revit) a una proyección láser del trazo exacta, en sitio. Es más rápida que el proceso de trazado tradicional con una precisión de 1/8 de pulgada (3 mm).



Magic Leap 2

Magic Leap 2 es un dispositivo de RA listo para la empresa, diseñado y construido con el propósito específico de permitir flujos de trabajo modernos en AEC, manufactura, servicios médicos, sector público y otras industrias. Magic Leap 2 utiliza inteligencia artificial, tecnología de cómputo espacial, hardware avanzado y óptica tal como tecnología Dynamic Dimming™ para crear experiencias del usuario altamente realistas, interactivas e inmersivas. Magic Leap 2 también es una plataforma Cloud Agnostic que les permite a los desarrolladores y empresas construir y proporcionar una amplia gama de aplicaciones listas para RA que apalancan tecnologías abiertas para empoderar a los usuarios y ofrecer resultados positivos para las empresas.



Microsoft HoloLens 2

Microsoft HoloLens 2 es la primera computadora holográfica autónoma del mundo, capaz de funcionar con Windows 11 de forma completamente independiente (no se requiere PC). Las herramientas de colaboración inmersivas proporcionadas por HoloLens 2 les permiten a los usuarios fijar hologramas en su ambiente físico y les proporcionan a los clientes una nueva forma de ver el mundo.



Rugged Robotics

Con la disposición de servicio completo de Rugged Robotics, se reemplazan los rotuladores o líneas de gis con precisión milimétrica y tiempos acelerados. Este servicio llave en mano proporciona más información e instrucciones, comprimiendo su programa de tiempos y acelerando su instalación, ahorrando así tiempo y dinero.



SL-Laser ProDirector 7

El uso de los sistemas de proyección SL-Laser en la producción de elementos de concreto prefabricado es bien conocida. Con una carretilla sobre rieles o en un sistema de múltiples láseres, el ProDirector 7 se calibra automáticamente en las posiciones respectivas y proyecta todas las líneas y puntos necesarios en la tabla en una proporción de 1:1. Los datos requeridos para esto, desde el sistema CAD, se seleccionan por control remoto o directamente en la pantalla táctil desde la PC industrial del SL-Laser.



Trimble Connect AR

Trimble Connect AR es una aplicación de RA que les brinda a los trabajadores de la construcción una mayor accesibilidad a los modelos 3-D en campo o en el taller. Con Connect AR, los usuarios pueden visualizar sus modelos 3-D construibles en el contexto de lo que estén construyendo físicamente, transformando su trabajo diario, tal como ensamble e inspecciones.



Trimble XR10 con HoloLens 2

El Trimble XR10 con HoloLens 2 es un dispositivo portátil compatible con casco que permite a los trabajadores en ambientes con seguridad controlada, acceder a información holográfica en el sitio de la obra. Al fusionar los mundos real y virtual, los trabajadores pueden crear entornos totalmente nuevos en los que los componentes físicos y digitales pueden interactuar en tiempo real.



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

Título: Realidades Aumentadas



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



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

Anclajes con Sobreperforación en su Base para Aplicaciones Sísmicas

Su alta capacidad de carga y las características de desplazamiento que ofrecen, aseguran un comportamiento excepcional.

Por Philipp Mahrenholtz, Mark Ziegler y Howard Silverman.

Los anclajes con sobreperforación en su base o de base ampliada, transfieren de manera confiable fuertes cargas estáticas y cíclicas al concreto mediante un sólido entrelazado mecánico. El entrelazado mecánico se logra cuando un perno de expansión se coloca sobre un cono en una parte inferior del orificio perforado. Estos anclajes de alto rendimiento difieren de los anclajes de expansión tradicionales de tipo fricción en que no se pueden extraer y, por lo tanto, utilizan la capacidad total del concreto. Muestran baja sensibilidad a condiciones extremas como grietas anchas, cargas cíclicas y cargas sostenidas.

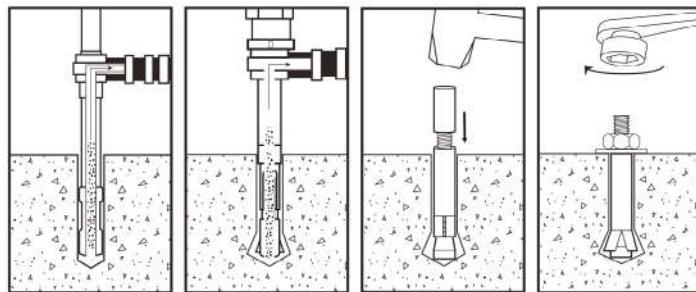


Figura 2: Secuencia de instalación de un anclaje de expansión mecánica: 1) Perforación; 2) Corte o ensanchado de la base; 3) Fijación; y 4) Apriete.

Además, la funda envuelve al elemento de anclaje, le permite deformarse libremente a lo largo de toda su longitud, y le brinda una ductilidad y capacidad de deformación excepcionalmente altas. Los anclajes de sobreperforación en su base pueden calificar para conexiones dúctiles en el diseño sísmico cuando están hechos de acero con suficiente ductilidad y diseñados con profundidad de empotramiento suficiente. La Figura 1 muestra un ejemplo típico en el que una tubería está reforzada lateralmente para resistir cargas sísmicas.

Después de perforar el orificio principal a la profundidad especificada, el instalador del anclaje utiliza una broca especial acorde con el diámetro requerido para crear el corte de fondo que ensancha el orificio en la base. Luego, el instalador inserta la funda en el orificio para fijar el anclaje (Figura 2). Después de fijarlos, los anclajes de sobreperforación en su base quedan bloqueados en su lugar y se pueden tensar e cargar inmediatamente, incluso si el apriete se reduce. El instalador de un anclaje de este tipo no requiere entrenamiento especializado, una instalación típica sólo requiere un martillo perforador y las brocas correspondientes al anclaje seleccionado.

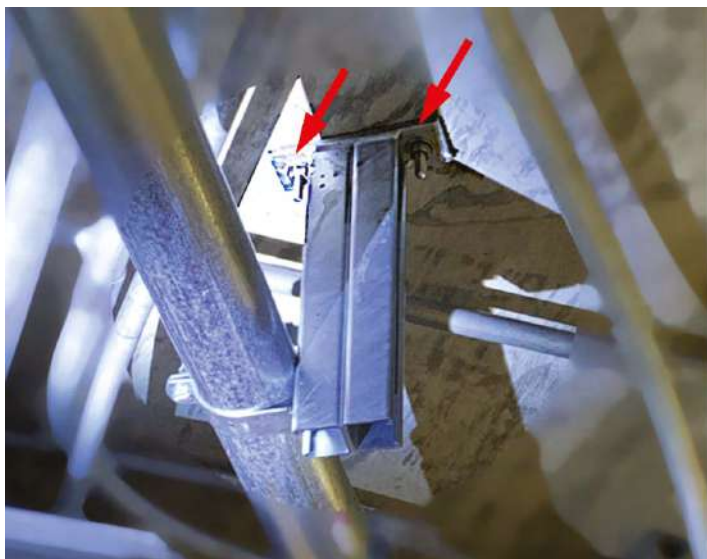


Figura 1: Aplicación típica de anclajes de sobreperforación en su base para el refuerzo sísmico de un sistema de tuberías de servicios públicos en un importante proyecto de infraestructura.

Ejemplo Comparativo de Resistencia de Diseño

Para demostrar el rendimiento relativo de los anclajes instalados posteriormente, se comparó la resistencia de diseño de tres tipos de anclajes mecánicos (anclaje con sobreperforación en la base, anclaje de tornillo y anclaje de expansión) y un anclaje adhesivo empotrado en concreto. Todos los anclajes han sido probados y calificados de acuerdo con ACI 355.2-19¹ para anclajes mecánicos y ACI 355.4-19² para anclajes adhesivos, y el Servicio de Evaluación del Código Internacional (ICC-ES) ha emitido un Informe de Servicio de Evaluación (ESR) para cada uno. También se realizaron pruebas de tensión utilizando un perno hexagonal fundido que cumple con los requisitos ASTM F1554-20³ y, por lo tanto, califica como un anclaje colocado en el lugar según ACI 318-19⁴. La Tabla 1 recopila la información clave. Para una comparación clara, se utilizaron grados de acero similares y el mismo diámetro nominal del anclaje (1/2 pulgada de la porción roscada) y profundidades de empotramiento.

Según ACI 318-19, Capítulo 17, la capacidad de un anclaje de concreto cargado en tensión está limitada por la resistencia del acero, la resistencia del concreto o la resistencia a la extracción. La resistencia del acero es una función del grado de acero y el área de la sección transversal del anclaje.






Tipo de anclaje	Anclaje colado en el lugar		Anclaje con sobreperforación de base		Anclaje adhesivo		Anclaje de rosca		Anclaje de expansión
Abreviatura	CIP		UA		AA		SA		EA
Ejemplo/informe de aprobación	Hex bolt ASTM F1554		CCU+/ ESR-4810		PURE110+/ ESR-3298		SB+/ ESR-3889		SD2/ ESR-2502
Esquema									
Grado de acero considerado del anclaje	A36		A36		A36		~ A36 *		~ A36 *
Tamaño de anclaje considerado, rosca Ø (d), pulgadas.	1/2		1/2		1/2		1/2		A36
Profundidad de embebimiento considerada (hef), en pulgadas.	3.25	5	3.25 †	5	3.25 †	5	3.25 ‡	3.23§	
Calificado para opción de diseño dúctil	No	S	No	Sí	No	Sí	No	No	

Tabla 1: Anclajes considerados para la comparación de la resistencia de diseño.

*La resistencia real del acero es mayor que ASTM A36/A36M; sin embargo, no controla la resistencia de diseño.

†El empotramiento no está listado en el Informe de Servicio de Evaluación (ESR), pero es posible y se considera aquí para la comparación.

‡La comparación de la resistencia de diseño del ejemplo considera una temperatura de servicio máxima a largo plazo de 110°F.

§Producto de anclaje solo listado en ESR para esta profundidad de empotramiento.

||Requiere despegue de longitud de calibre 8d.

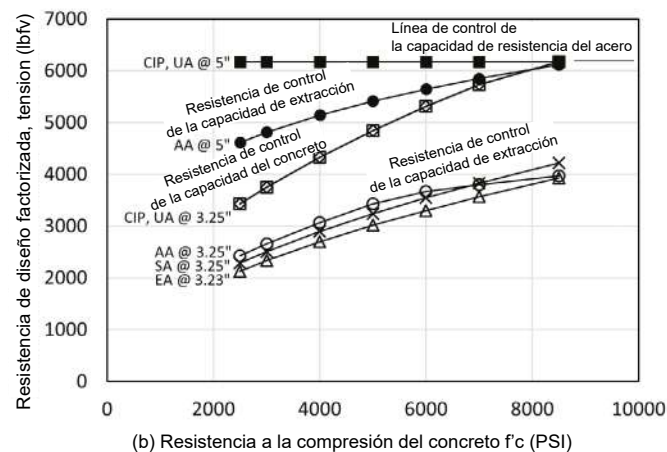
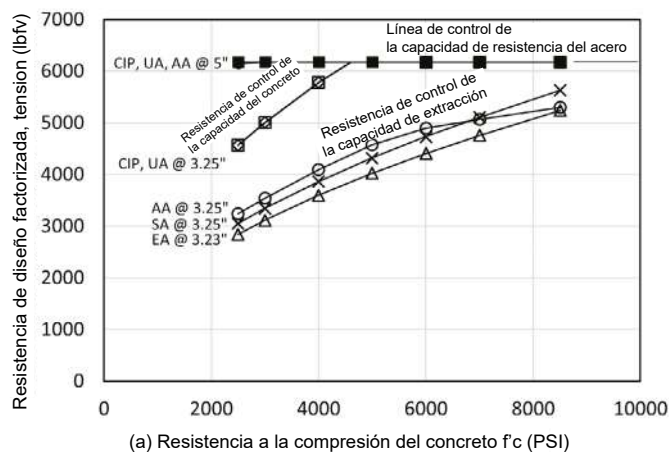


Figura 3: Comparación de la resistencia de diseño versus la resistencia del concreto según ACI 318 para los anclajes presentados en la Tabla 1 en diversas profundidades de empotramiento: (a) resistencia de diseño estática; y (b) resistencia de diseño sísmica.

La resistencia a la extracción del concreto es una función de la profundidad de empotramiento del anclaje en el material base (concreto), y la resistencia a la compresión del concreto. La eficacia del anclaje para activar el concreto influye en la capacidad del concreto. La capacidad de extracción se alcanza si el anclaje se extrae antes de que se alcance la capacidad de acero o la capacidad de extracción de concreto, limitando aún más la resistencia. La capacidad de extracción es un parámetro específico que está influenciado por la resistencia del concreto circundante. Para el método especificado en ACI 318, cada una de estas capacidades (acero, concreto y extracción) se reduce mediante sus factores de reducción de resistencia aplicables, y el mínimo de todas las capacidades factorizadas determina la resistencia de diseño del anclaje. Para anclajes instalados posteriormente, se realizan pruebas de confiabilidad de acuerdo con ACI 355.2-19, Capítulo 8, para determinar la categoría del anclaje, lo que puede resultar en factores de reducción de resistencia más bajos para muchos anclajes instalados posteriormente. Sin embargo, los anclajes de sobre perforación de base generalmente tienen un desempeño superior en la categoría de anclajes más alta y se les asignan factores de reducción de resistencia más altos y beneficiosos.

Los diagramas en la Figura 3 representan la resistencia de diseño factorizada del anclaje versus la resistencia a la compresión del concreto. La capacidad del concreto y, en menor medida, la capacidad de extracción aumentan con el

aumento de la resistencia del concreto, mientras que la capacidad del acero limita la resistencia de diseño independientemente de la profundidad de empotramiento. El anclaje con sobreperforación en la base es tan resistente como el perno hexagonal colado; las resistencias de ambos anclajes no están controladas por el modo de extracción y, por lo tanto, sus capacidades no se reducen tanto como las capacidades de los otros tipos de anclajes en el mismo empotramiento. Para aplicaciones estáticas, el perno hexagonal y el anclaje con sobreperforación en la base alcanzan la máxima resistencia de diseño posible (capacidad del acero) con profundidades de empotramiento relativamente pequeñas y resistencias de concreto bajas. Para aplicaciones sísmicas, la resistencia de diseño del perno hexagonal y el anclaje con sobreperforación en la base con un empotramiento superficial de 3.25 pulgadas se acerca a la capacidad máxima posible solo en una alta resistencia de concreto. Sin embargo, la resistencia de diseño tanto del perno hexagonal como del anclaje con sobreperforación en la base es significativamente mayor que la del anclaje de expansión, el anclaje de tornillo o el anclaje adhesivo. Además, con el aumento de la resistencia del concreto, la capacidad de un perno hexagonal o un anclaje con sobreperforación en la base con solo 3.25 pulgadas de empotramiento se acerca a la capacidad de un anclaje adhesivo con un empotramiento más profundo de 5 pulgadas.

Pruebas Sísmicas Simuladas en Anclajes Instalados

Los extensos programas de pruebas requeridos para las calificaciones ACI 355.2-19 y ACI 355.4-19 evalúan el comportamiento y el rendimiento del anclaje de concreto en cuanto a su confiabilidad, idoneidad y utilidad. El resultado es la información de diseño dependiente del producto certificada en un informe de evaluación del producto, como un ESR de ICC-ES. Para la calificación sísmica, se realizan pruebas sísmicas simuladas en tensión y corte. El anclaje se instala en un espécimen de concreto con un ancho de grieta predefinido por las normas de calificación de ACI (Figura 4).

El anclaje se somete a 140 ciclos de carga de un protocolo de carga de amplitud decreciente por pasos para simular la carga sísmica. El nivel de carga corresponde a la resistencia de diseño para la cual se busca la calificación sísmica.

En general, muchos tipos de anclajes pueden calificar para aplicaciones sísmicas en diferentes niveles de carga relativa. Sin embargo, el comportamiento carga-desplazamiento difiere significativamente, lo que tiene implicaciones sobre cómo se puede diseñar la conexión del anclaje. Para demostrar el efecto del tipo de anclaje en el rendimiento carga-desplazamiento, se realizaron pruebas de comparación lado a lado en anclajes con sobreperforación en la base y anclajes adhesivos. Este estudio interno utilizó un anclaje con sobreperforación en la base (DEWALT CCU+®, ESR-4810) y un anclaje adhesivo (DEWALT PURE110+®, ESR-3298), probados y calificados según ACI 355.2-19 y ACI 355.4-19, respectivamente. Ambos utilizaron el mismo material de varilla de anclaje, es decir, una varilla roscada de acero ASTM A36/A36M de 1/2 pulgada de diámetro con un empotramiento efectivo h_{ef} de 5 pulgadas. Mientras que la varilla del anclaje adhesivo está unida prácticamente a lo largo de toda su longitud al sustrato de concreto circundante, la varilla del anclaje de sobreperforación de la base puede deformarse libremente dentro de la manga de revestimiento entre el corte y el dispositivo de fijación (Figura 5). Ambos anclajes completan el régimen de pruebas cíclicas con la misma carga alta. Sin embargo, la curva de carga-desplazamiento del anclaje con sobreperforación en la base muestra más deformación no solo durante el ciclo, sino también al final de la prueba cuando el anclaje se carga hasta la falla para probar su capacidad de carga residual.

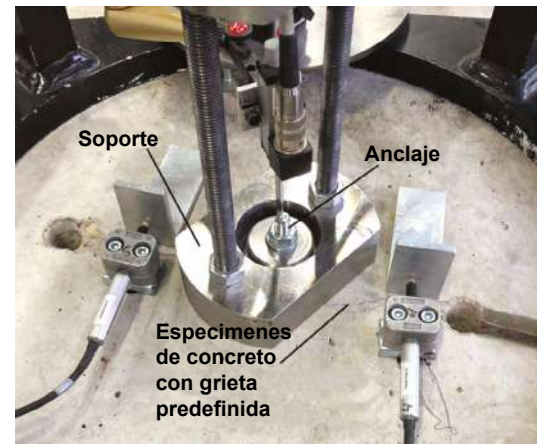


Fig. 4: Pruebas sísmicas simuladas según ACI 355.2-19 y ACI 355.4-19 en anclajes de diámetro de 1/2 pulgada instalados en concreto.

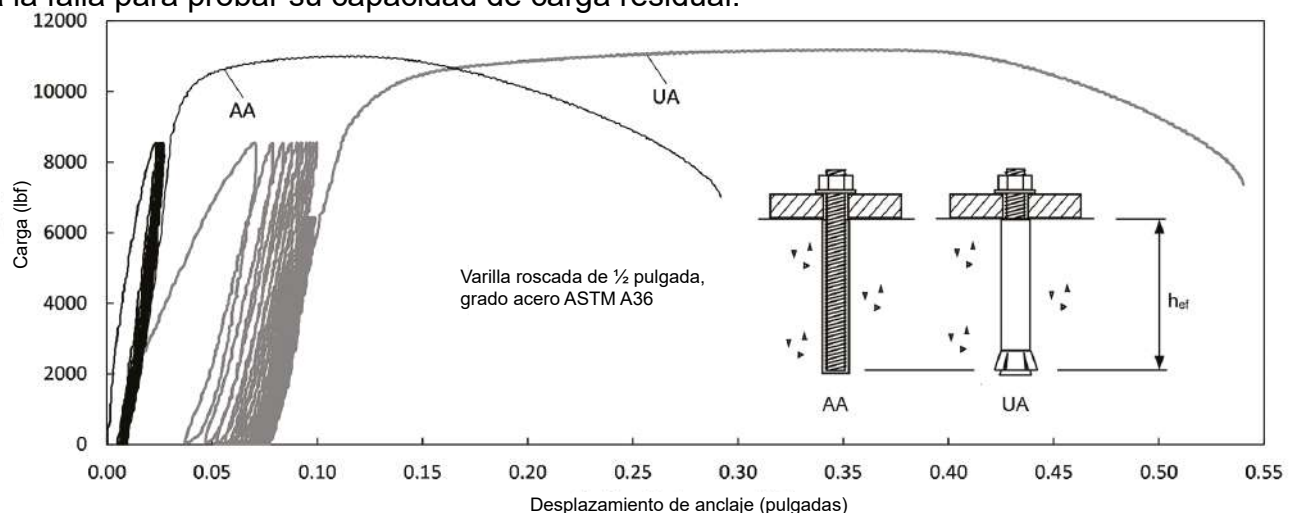


Figura 5: Curva carga-desplazamiento de los anclajes probados (AA es anclaje adhesivo DEWALT PURE110+™ y UA es anclaje de base ampliada DEWALT CCU+™).

Diseño de Anclaje y Placa Base

Los anclajes de concreto instalados posteriormente suelen diseñarse según ACI 318 o ACI 349-13, "Requisitos de Código para Estructuras de Concreto Relacionadas con la Seguridad Nuclear y Comentarios"⁵. Hay varias opciones para el diseño sísmico de anclajes en tensión. La opción más beneficiosa es la opción de diseño dúctil, que asume que la fijación permanece en el rango elástico mientras que el anclaje se deforma de manera dúctil. Esta opción de diseño no requiere un aumento en la carga de diseño por sismo por el factor de sobrerresistencia (Ω_0), que a menudo es tan alto como 2.5 para compensar la falta de ductilidad que de otra manera reduciría la demanda de carga sísmica. Sin embargo, la ductilidad de desplazamiento de la varilla del anclaje solo puede desarrollarse si puede deformarse libremente. Por esta razón, la opción de diseño dúctil requiere actualmente una longitud de estiramiento libre de ocho veces el diámetro del anclaje d según ACI 318-19, Sección 17.10.5.3(a).

La Figura 6 muestra el sistema estático del refuerzo sísmico presentado en la Figura 1 que traduce la carga horizontal inducida por la inercia en fuerzas de reacción que cargan el anclaje principalmente en tensión sísmica. Si se diseña correctamente, el anclaje de base ampliada facilita la longitud de estiramiento libre $8d$ sin ningún detalle especial adicional, como el despegue de la varilla del anclaje adhesivo o una silla elevada para que el anclaje repose.⁶

Para el diseño del anclaje, la demanda de carga derivada del análisis estructural estático y sísmico se verifica en comparación con la resistencia de diseño del anclaje. Además de los diversos modos de fallo y capacidades relacionadas presentadas anteriormente, se deben considerar y tener en cuenta muchas condiciones de contorno.⁷ En particular, el diseño sísmico y su opción de diseño dúctil requieren verificaciones de diseño adicionales. El software de diseño especializado (por ejemplo, DDA® de DEWALT) puede modelar rápidamente condiciones de diseño de anclajes complejas (Figura 7). El software de diseño también ayuda a determinar el grosor necesario de la placa base para verificar la suposición de diseño de que toda la fijación permanece en el rango elástico.

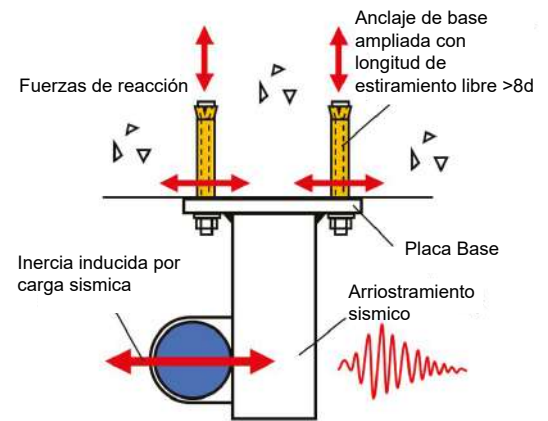


Figura 6: Sistema estático de una tubería anclada en la parte superior en una plataforma de concreto; el movimiento sísmico resulta en carga cíclica de los anclajes



Figura 7: Diseño del anclaje y la placa base del refuerzo sísmico utilizando el software de diseño gratuito DDA.

En Resumen

La robustez de los anclajes de base ampliada los convierte en una solución de anclaje instalado posteriormente óptima, especialmente para aplicaciones sísmicas. Los anclajes de base ampliada que cumplen con rigurosos requisitos geométricos y de material pueden calificar para la opción de diseño dúctil adicional y altamente beneficiosa según ACI 318. Hay software de diseño especializado disponible para respaldar al ingeniero sísmico en la realización de estas complejas verificaciones de ductilidad de diseño de anclajes y cálculos asociados, incluidos los de la placa base.

Referencias

1. ACI Committee 355, "Evaluación de Anclajes Mecánicos Instalados Posteriormente en Concreto y Comentario (ACI 355.2-19)", Instituto Americano del Concreto, Farmington Hills, MI, 2019, 91 pp.
2. ACI Committee 355, "Evaluación de Anclajes Adhesivos Instalados Posteriormente en Concreto y Comentario (ACI 355.4-19)", Instituto Americano del Concreto, Farmington Hills, MI, 2019, 56 pp.
3. ASTM F1554-20, "Especificación Estándar para Pernos de Anclaje, Acero, Resistencia de Rendimiento de 36, 55 y 105 ksi", ASTM International, West Conshohocken, PA, 2020, 8 pp.
4. ACI Committee 318, "Requisitos de Código para Concreto Estructural (ACI 318-19) y Comentario (ACI 318R-19)", Instituto Americano del Concreto, Farmington Hills, MI, 2019, 623 pp.
5. ACI Committee 349, "Requisitos de Código para Estructuras de Concreto Relacionadas con la Seguridad Nuclear y Comentario (ACI 349-13)", Instituto Americano del Concreto, Farmington Hills, MI, 2014, 196 pp.
6. Mahrenholtz, P.; Ziegler, M.; y Watkins, D., "Anclajes de Corte para Aplicaciones Estructurales", STRUCTURE, Abr. 2022, pp. 22-25.
7. Mahrenholtz, P., y Wood, R.L., "Diseño de Anclajes Instalados Posteriormente y de Fundición según la Nueva EN 1992-4 y ACI 318-19", Concreto Estructural, V. 22, No. 2, Abr. 2021, pp. 650-665.



Philipp Mahrenholtz es Gerente Senior de Ingeniería para sistemas de anclaje y fijación DEWALT. Cuenta con más de 20 años de experiencia en la industria de la construcción y la manufactura, así como en el ámbito académico. Mahrenholtz ha llevado a cabo investigaciones en el campo de los anclajes de concreto, especialmente para su uso en aplicaciones sísmicas. Obtuvo su doctorado en ingeniería civil.



Mark Ziegler, miembro de ACI, es Director Técnico de sistemas de anclaje y fijación DEWALT y es responsable de las aprobaciones de productos como ICC-ES, Informes de Servicio de Evaluación (ESRs). Está activamente involucrado en varios grupos de trabajo de la Asociación de Fabricantes de Anclajes de Concreto y Albañilería (CAMA), que abordan las conexiones y sistemas de fijación en la construcción.



Howard Silverman, miembro de ACI, es Ingeniero Principal de Personal para ICC-ES. Cuenta con 30 años de experiencia en el desarrollo, diseño, prueba y calificación de anclajes en concreto y albañilería. Está activamente involucrado en varios comités internacionales, principalmente en el área de pruebas y calificación de anclajes.

La traducción de este artículo correspondió al Capítulo de México Sureste

Título: Anclajes con Sobreperforación en su Base para Aplicaciones Sísmicas



Traductora:
Ing. María Jesús Domínguez Ramos



Traductor y Revisor Técnico:
Mtro. Josseph Eli Mandujano Zavala

Diseño del revestimiento de túneles, Parte 2: Consideraciones de análisis

Por Gary Brierley, Joseph Klein, y Randall W. Poston

Este artículo es la Parte 2 de una examinación en dos etapas del análisis y diseño de revestimientos de túneles curvos. Como se analizó en la Parte 1¹, las interacciones beneficiosas entre el revestimiento del túnel y el terreno circundante garantizan que los revestimientos del túnel no estén típicamente expuestos a condiciones de carga internas o externas intensas. Los modelos de análisis que no consideran estas interacciones beneficiosas sobreestimarán las demandas y darán como resultado diseños innecesariamente conservadores. Las disposiciones actuales del CÓDIGO ACI-318-19(22)² no permiten que el profesional de diseño autorizado aproveche al máximo estas interacciones beneficiosas, especialmente en el caso de revestimientos de túneles no reforzados. En consecuencia, los autores recomiendan aumentar los factores de resistencia (ϕ) actuales del CÓDIGO ACI-318-19(22) para revestimientos de túneles no reforzados para que coincidan con su comportamiento esperado.

Antecedentes

En la Parte 1 de este artículo, se estableció que los revestimientos de túneles de concreto poseen atributos geométricos únicos que permiten interacciones suelo/revestimiento independientes e igualmente beneficiosas. La mayoría de los revestimientos finales de túneles están diseñados para cumplir requisitos funcionales, de servicio y de durabilidad a largo plazo, no porque vayan a estar sujetos a condiciones de carga internas o externas intensas. Una vez que se ha diseñado un revestimiento final con base en estas consideraciones, ese revestimiento se puede analizar para asegurarse de que tenga suficiente capacidad estructural para soportar de manera segura cualquier carga del suelo que se espere que se produzca después de la construcción.

Existe una enorme confusión y un exceso de conservadurismo en el diseño de los revestimientos de concreto de los túneles. El objetivo principal de este artículo es mostrar cómo se pueden diseñar y analizar los revestimientos curvos de túneles de una manera razonable y racional que sea consistente con el comportamiento del revestimiento de túneles. La parte 1 de este artículo cubrió consideraciones de diseño y una breve historia de los revestimientos de túneles. Esta segunda parte presenta recomendaciones para el análisis de túneles y propone cambios en los cálculos de capacidad de ACI para aprovechar el comportamiento beneficioso del revestimiento de túneles.

Determinación de las demandas del revestimiento de túneles

Las estructuras curvas del túnel trabajan junto con el terreno circundante para crear una estructura inherentemente estable. El terreno circundante confina y restringe el revestimiento del túnel tanto radial como circunferencialmente y crea una estructura compuesta que es sensible principalmente a las deformaciones unitarias, no a las concentraciones de esfuerzos. Específicamente, si las cargas del suelo causan que una porción del revestimiento del túnel se deforme, esa deformación hará que la carga del terreno se redistribuya nuevamente hacia el suelo, donde puede ser soportada por porciones adyacentes del revestimiento del túnel. Las deformaciones dentro del propio revestimiento

curvo del túnel también dan como resultado una reducción de los momentos que se pueden imponer al revestimiento y un aumento de los esfuerzos de compresión del revestimiento, los cuales son muy beneficiosos para la integridad estructural.

Interacción tierra/revestimiento

Una de las investigaciones más completas del fenómeno de interacción suelo/revestimiento fue realizada a principios de la década de 1980 por la Universidad de Illinois para la Administración de Transporte Masivo Urbano de Estados Unidos. Como se indica en el informe final:

“El objetivo del trabajo fue brindar recomendaciones para el diseño estructural de revestimientos finales de concreto para túneles e instalaciones subterráneas para uso de transporte masivo, que incluyan conceptos de diseño de resistencia última y de interacción entre el revestimiento y el suelo, y mejorar la comprensión del comportamiento del revestimiento a medida que interactúa con el suelo”.

La investigación incluyó:

- Pruebas de revestimientos de túneles instrumentados a gran escala hasta la falla, para descubrir exactamente cómo interactúa un revestimiento de túnel curvo con el terreno circundante;
- Entrevistas con diseñadores y contratistas de túneles, para establecer las prácticas de diseño vigentes en ese momento; y
- Modelado por ordenador, para realizar estudios paramétricos sobre una amplia variedad de mecanismos de carga y contención del terreno.

Está más allá del alcance de este artículo describir todos los detalles de esa investigación; sin embargo, basta decir que proporcionó el marco básico para un modelado estructural preciso de túneles.

Revestimientos de túneles curvos

Una sección del revestimiento de un túnel curvo se puede modelar como una serie de elementos de viga centrados en las cuerdas del arco del revestimiento. Los resortes radiales y tangenciales en cada nodo simulan la rigidez del terreno circundante. Los resortes radiales simulan el confinamiento compresivo proporcionado por el terreno y están modelados como resortes de sólo compresión. Los resortes circunferenciales simulan la resistencia a la fricción y/o al corte proporcionada por el suelo circundante y generalmente se ajustan a una rigidez de la mitad a un tercio de los resortes radiales. Una vez establecido este modelo, se aplican las cargas del suelo y se calculan las demandas estructurales.

Las siguientes observaciones se basan en simulaciones por computadora tanto para roca como para suelo:

- Un macizo rocoso con una resistencia a la compresión no confinada de al menos 1000 psi tendrá un impacto enorme y positivo en la reducción de la cantidad de momento que se puede imponer al revestimiento de un túnel. En particular, la restricción circunferencial disminuirá en gran medida los momentos inducidos en el revestimiento en comparación con una estructura independiente. Es prácticamente imposible que un revestimiento de este tipo haga fallar y entre en contacto con un macizo rocoso, a menos que ese revestimiento esté sujeto a altas presiones de hinchazón o compresión o deformaciones del terreno inducidas sísmicamente. En el primer caso, el revestimiento fallará por corte y, en el segundo caso, se agrietará;
- Para túneles en suelo, las presiones y restricciones del terreno varían ampliamente según el tipo de suelo. En general, las presiones del terreno en el suelo son más uniformes en comparación con las rocas y proporcionan componentes de carga tanto verticales como horizontales. Junto con la carga de agua subterránea, estas presiones inducen esfuerzos de compresión en el revestimiento que son beneficiosas para resistir los esfuerzos de tensión causados por los momentos del revestimiento. Diversas formas de depósitos de arcilla pueden aplicar presiones de hinchazón o compresión, y

las deformaciones del suelo inducidas sísmicamente pueden ser más graves, llegando incluso a la licuefacción del suelo. En consecuencia, las capacidades estructurales de los revestimientos de túneles de suelo deben ser más robustas en comparación con las de los túneles de roca, lo que significa que los revestimientos de túneles de suelo suelen consistir en algún tipo de tubería de concreto prefabricado, tubería de acero o revestimiento de concreto armado moldeado in situ. Los revestimientos de suelo de los túneles también deben estar firmemente cementados contra el suelo para aprovechar al máximo la interacción suelo/revestimiento que proporcionan incluso los suelos más débiles; y

- Todos los soportes iniciales, tanto para túneles de roca como de suelo, crean una disminución permanente en la intensidad de la carga del suelo y un aumento en la interacción suelo/revestimiento. Una vez que las deformaciones del suelo se estabilizan con la ayuda de soportes iniciales, esta estabilización es permanente a menos y hasta que se permita que ocurran deformaciones adicionales del suelo, lo cual no es posible una vez que se instala el revestimiento final y se inyecta contra el suelo. Como lo demuestran miles de túneles construidos en todo el mundo, el terreno mismo, restringido por el soporte inicial y sostenido por el revestimiento final, casi siempre es capaz de proporcionar una estructura compuesta altamente estable y a largo plazo. De hecho, la función principal del revestimiento final es confinar y sostener el suelo de modo que éste se vea obligado a sostenerse por sí mismo.

Consideraciones adicionales

Para finalizar esta discusión sobre la interacción suelo/revestimiento, es necesario discutir algunos aspectos diversos de este fenómeno:

- **Superficies planas:** a veces es necesario crear una superficie plana bajo tierra. Las superficies planas requieren soportes iniciales más robustos para minimizar las cargas del suelo que impactan el revestimiento y deben reforzarse para resistir los esfuerzos de tensión que pueden desarrollarse en la superficie interior del revestimiento. Si se logra lo anterior, la mayoría de las fuerzas del suelo ejercidas sobre el revestimiento seguirán siendo transportadas por la acción del arco dentro del propio suelo;
- **Cruces de fallas:** ocasionalmente, un túnel cruzará una falla activa. La única manera de evitar daños al revestimiento del túnel en esta situación es crear una abertura alrededor del túnel lo suficientemente grande como para acomodar cualquier movimiento anticipado a lo largo de la falla. Simplemente no es posible hacer un revestimiento de túnel lo suficientemente fuerte como para resistir las deformaciones de las fallas;
- **Presión interna:** los revestimientos de túneles expuestos a grandes presiones internas deben diseñarse para resistir esas presiones, a menos que el túnel esté ubicado a suficiente profundidad debajo de la superficie del suelo (generalmente en roca). Los túneles presurizados y poco profundos suelen estar revestidos con tuberías diseñadas específicamente para resistir esa presión. Los proyectos de energía hidroeléctrica representan un ejemplo particularmente severo de los problemas de diseño asociados con los túneles presurizados;
- **Membranas impermeabilizantes:** los túneles de transporte frecuentemente requieren limitar o prevenir las fugas de agua. En general, el mejor método para lograr ese objetivo es instalar una membrana impermeabilizante de tela o en aerosol antes de la instalación final del revestimiento. Esta membrana crea una superficie de deslizamiento alrededor del revestimiento del túnel, lo que reduce la capacidad del revestimiento final para minimizar los momentos y da como resultado una mayor tendencia a la aparición de grietas por contracción. Para túneles de roca, es necesario instalar una “superficie alisadora” de concreto lanzado para la membrana, que puede usarse como soporte inicial antes de la instalación de la membrana. Para túneles de suelo, el revestimiento final debe reforzarse para resistir los esfuerzos de contracción y flexión previstas. Uno de los mejores métodos para reducir el agrietamiento por contracción en túneles de suelo es reforzar el

revestimiento con fibras en lugar de barras de refuerzo;

- **Intersecciones y penetraciones:** las intersecciones y penetraciones de túneles crean distribuciones complejas y tridimensionales de esfuerzos dentro del suelo. En la mayoría de los casos, las deformaciones creadas por esas distribuciones de esfuerzos aún pueden controlarse mediante la instalación de un soporte inicial adecuado, pero es casi imposible convencer a los ingenieros estructurales de que no instalen acero de refuerzo en las proximidades de este tipo de intersecciones y penetraciones;
- **Esfuerzo in situ:** algunas formaciones rocosas están sujetas a altos niveles de esfuerzo horizontal que pueden provocar desprendimiento de concreto alrededor del perímetro de la excavación. La magnitud e intensidad de este fenómeno pueden ser bastante graves dependiendo de la cantidad de esfuerzo y la orientación del campo de esfuerzos en relación con la alineación del túnel. Por ejemplo, si el campo de esfuerzos está orientado de este a oeste y el túnel está orientado de norte a sur, se producirá una fractura de roca en la corona del túnel y será necesario controlarla mediante pernos de roca y malla electrosoldada. Si la roca es fuerte y el esfuerzo es grande, también son posibles “explosiones” peligrosas de la roca, y el ingeniero también debe considerar la inyección de consolidación de la roca rota atrapada alrededor del perímetro del túnel después de la construcción del revestimiento final; y
- **Revestimientos de metal corrugado:** en general, estos revestimientos son demasiado delgados y flexibles para resistir cualquier momento y deben rellenarse y sujetarse uniformemente mediante lechada de contacto. Sin embargo, una vez instalados, estos revestimientos pueden soportar todas las cargas impuestas sobre el terreno únicamente mediante empuje y proporcionan un ejemplo ideal del poder de la acción del arco dentro del terreno circundante.

Determinación de la capacidad del revestimiento del túnel

Disposiciones del código actual

Es bastante común que los documentos contractuales hagan referencia a las disposiciones del CÓDIGO ACI-318 y del CÓDIGO ACI-350 con respecto al “diseño” de los revestimientos de túneles, pero esas disposiciones del código se relacionan exclusivamente con estructuras independientes sobre el suelo y no con arcos subterráneos. Estructuras construidas dentro y restringidas por el suelo. Esto da como resultado suposiciones de diseño excesivamente conservadoras para los revestimientos de túneles de concreto no reforzado en particular, que tendrán capacidades estructurales similares en comparación con los revestimientos reforzados sobre el suelo³.

El CÓDIGO ACI-350 a menudo se considera el código aplicable para túneles, dado su uso frecuente en aplicaciones ambientales. Sin embargo, las estructuras curvas de revestimiento de túneles sólo están cubiertas parcialmente por el CÓDIGO ACI-350. La Sección 1.1.5 del CÓDIGO ACI-350-20 establece: “Para estructuras especiales como arcos, contenedores y silos, estructuras resistentes a explosiones y chimeneas, las disposiciones de este Código regirán cuando corresponda⁴”. Además, cumplir con los requisitos del ACI CÓDIGO-350 probablemente no sea necesario debido a las bajas demandas estructurales para un revestimiento de túnel curvo en contacto con el terreno circundante.

Para un revestimiento de túnel reforzado, el CÓDIGO ACI-318-19(22) y el CÓDIGO ACI-350-20 requieren las mismas suposiciones de cálculo de capacidad (es decir, límite de deformación de compresión por aplastamiento del concreto de 0.003), por lo que una sección idéntica dará como resultado una capacidad idéntica usando cualquiera de los códigos. Sin embargo, los autores generalmente recomendarían usar ACI CODE-318 en lugar de ACI CODE-350 para diseñar estructuras de revestimiento de túneles.

La principal diferencia entre ACI CÓDIGO-318 y CÓDIGO-350 está en cómo se detalla la estructura. Por ejemplo, el CÓDIGO ACI-350 especifica requisitos de acero de contracción y temperatura más altos que el CÓDIGO ACI-318 debido a los efectos potencialmente adversos del agrietamiento para las estructuras ambientales. La discusión sobre cómo tener en cuenta todas las posibles consideraciones

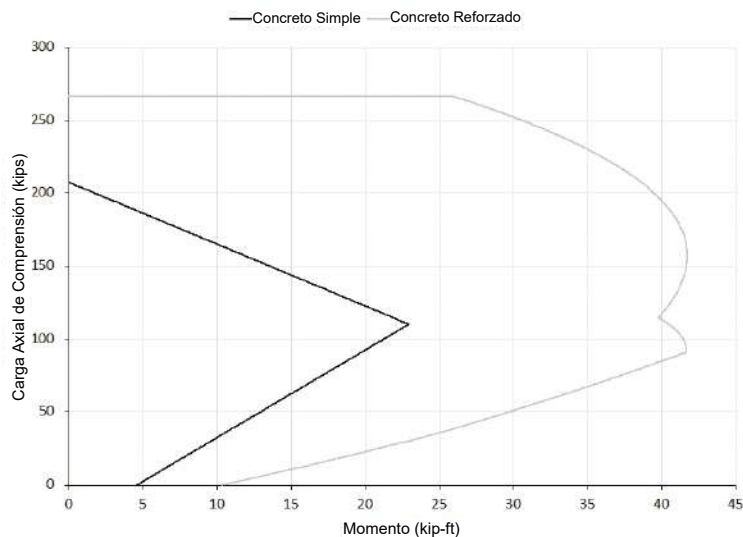


Fig. 1 Ejemplos de diagramas de interacción para secciones de revestimiento de túneles de concreto simple y reforzado (una sección de concreto de 12 x 12 pulgadas con una resistencia a la compresión del concreto [f'_c] de 4000 psi).

no estructurales está más allá del alcance de este artículo, pero los diseñadores de revestimiento de túneles deben considerar detalles de acuerdo con el CÓDIGO ACI-350 si las preocupaciones sobre la capacidad de servicio son particularmente importantes. Si el diseñador elige utilizar concreto simple, también debe considerar los esfuerzos de tensión causados por los efectos de flujo plástico, contracción y temperatura.

Ya sean moldeados in situ, prefabricados o de concreto lanzado, los revestimientos de túneles curvos son elementos sujetos a cargas axiales y de flexión combinadas. Por ello, las comprobaciones de capacidad estructural se llevan a cabo mediante diagramas de interacción. Para concreto simple, el diagrama de interacción se calcula usando la Sección 14.5.4 del CÓDIGO ACI-318-19(22), donde el diseñador puede tomar la longitud del miembro comprimido como cero porque el terreno circundante evitará el pandeo. Para concreto reforzado, el diagrama de interacción se calcula seccionalmente de acuerdo con las Secciones 22.2 y 22.4 del CÓDIGO ACI-318-19(22) y las Secciones 10.2 y 10.3 del CÓDIGO ACI-350-20. La resistencia axial máxima (Tabla 22.4.2.1 del CÓDIGO ACI-318-19(22) y Sección 10.3.6 del CÓDIGO ACI-350-20) se puede tomar de manera conservadora como el valor mínimo calculado. Sin embargo, se podría argumentar que el valor máximo calculado es apropiado porque la reducción en la resistencia axial máxima tiene como objetivo tener en cuenta la excentricidad accidental, y el terreno circundante evitará que el revestimiento del túnel se pandee.

La Figura 1 proporciona ejemplos de diagramas de interacción momento-carga axial (calculados de acuerdo con el CÓDIGO ACI-318-19(22)) para secciones de revestimiento de túneles de concreto simple y reforzado, asumiendo una sección de concreto de 12 x 12 pulgadas con una resistencia a la compresión del concreto (f'_c) de 4000 psi. La sección reforzada contiene barras No. 4 a 12 pulgadas entre centros en cada cara con 3 pulgadas de recubrimiento de concreto.

Para determinar la idoneidad del diseño, se trazan las demandas combinadas de flexión y axial. Si estas demandas caen dentro de la envolvente de falla del diagrama de interacción, la capacidad del revestimiento del túnel es suficiente para resistir las cargas aplicadas. Las tuberías elevadas también requieren que el diseñador verifique los efectos de las fuerzas de elevación en la sección de la tubería; este tema no se analiza en este artículo.

Factores ϕ

Como se muestra en la Fig. 1, las disposiciones del CÓDIGO ACI-318-19(22) sugieren que una sección no reforzada tiene una capacidad mucho menor que una sección reforzada de forma similar para todas las combinaciones de compresión axial y momento. Sin embargo, gran parte de esta disparidad se debe a los factores de reducción de resistencia especificados (factores ϕ). Según la Tabla

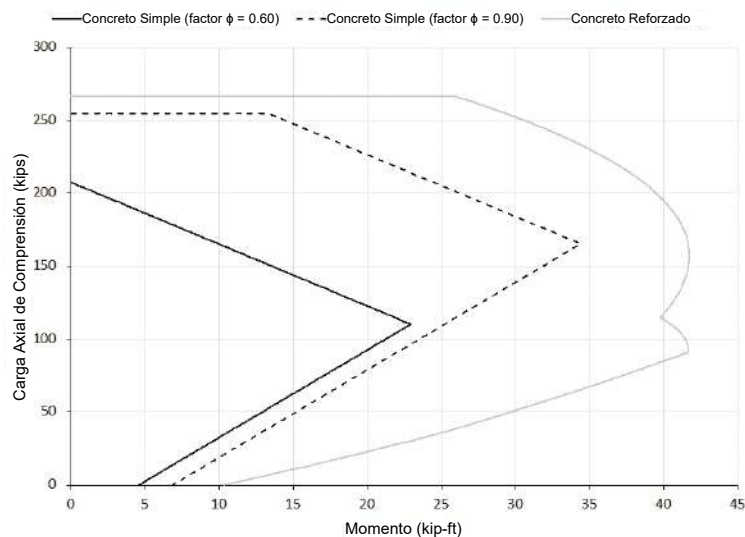


Fig. 2 Ejemplo de diagrama de interacción con factor ϕ aumentado para secciones de revestimiento de túneles de concreto simple.

21.2.1 del CÓDIGO ACI-318-19(22), los diseñadores deben aplicar un factor ϕ de 0.6 para secciones no reforzadas y un factor ϕ que oscila entre 0.65 y 0.9 para secciones reforzadas, dependiendo de la deformación máxima de tensión en el refuerzo. El propósito de estos factores variables ϕ es reflejar la previsibilidad de un modo de falla particular y las posibles consecuencias de ese modo de falla. En consecuencia, los mecanismos de falla como el corte reciben factores ϕ más bajos que los modos de falla como la flexión controlada por tensión.

Los factores ϕ variables son una característica integral de las disposiciones del CÓDIGO ACI-318 y, por lo tanto, tiene sentido tener un factor ϕ diferente para revestimientos de túneles no reforzados en comparación con, por ejemplo, muros no reforzados por encima del terreno. A diferencia de otras estructuras de concreto simple, los revestimientos de túneles no reforzados tienen capacidades estructurales similares a los revestimientos reforzados según el programa de pruebas a gran escala de Paul et al.³. Este aumento en la capacidad no reforzada se debe al confinamiento del terreno circundante, que impide que el revestimiento del túnel se pandee. En consecuencia, los autores recomiendan aumentar los factores ϕ especificados en el CÓDIGO ACI-318-19(22) para revestimientos de túneles curvos y no reforzados en contacto directo con el suelo.

El objetivo de aumentar los factores ϕ para revestimientos de túneles no reforzados es igualar más el comportamiento esperado, es decir, una capacidad similar ya sea que el revestimiento de un túnel esté reforzado o no. Como se muestra en la Fig. 2, este objetivo se puede lograr si el factor ϕ para revestimientos de túneles no reforzados se aumenta a 0.9, el factor ϕ máximo para el caso reforzado. Una sección no reforzada no debe tener una capacidad calculada mayor que una sección reforzada, por lo que la fuerza de compresión axial máxima debe limitarse al valor dado en la Tabla 22.4.2.1 del CÓDIGO ACI-318-19(22), similar a lo que se hace para secciones reforzadas. Los autores recomiendan utilizar un factor ϕ de 0.65 al calcular esta capacidad límite; un factor ϕ más alto en este valor límite da como resultado capacidades mayores que en el caso reforzado. El límite recomendado para la fuerza de compresión axial máxima también se muestra en la Fig. 2.

Si bien los autores creen que el aumento recomendado en los factores ϕ es apropiado, los cambios de código generalmente requieren un estudio extenso y una aceptación basada en el consenso en la industria. La aceptación de la capacidad de los revestimientos de túneles no reforzados para soportar con seguridad las cargas de diseño esperadas ya está presente en la industria de túneles, pero esta aceptación no se refleja en los documentos del código ACI actual. Incluso si no se adoptan los ajustes del factor ϕ recomendados por los autores, es necesario reexaminar las disposiciones actuales del código ACI para revestimientos de túneles no reforzados. Las disposiciones actuales son excesivamente conservadoras, dan lugar a un importante desperdicio de material y reflejan mal la seguridad inherente de los revestimientos de túneles colocados en contacto directo con el terreno circundante.

Resumen

Los revestimientos finales de túneles generalmente se diseñan para cumplir con requisitos funcionales, de servicio y de durabilidad a largo plazo, no porque estén sujetos a condiciones de carga internas o externas intensas. Su geometría curva, junto con las interacciones suelo/revestimiento, da como resultado revestimientos que tienen demandas mucho menores y capacidades mucho mayores que las que generalmente se tienen en cuenta cuando se diseñan estrictamente de acuerdo con los documentos del código ACI. En consecuencia, los revestimientos de los túneles pueden ser “sobrediseñados” por ingenieros estructurales sin la formación ni experiencia en el manejo de estructuras curvas y arqueadas erigidas dentro del suelo y restringidas por él.

Muchos diseñadores ignoran la idoneidad de los revestimientos de túneles no reforzados, a pesar de la existencia de miles de revestimientos de túneles no reforzados en todo el mundo, incluidos algunos que datan de cientos de años. El concreto no reforzado en contacto directo con el suelo es un mecanismo de soporte viable para las aberturas de túneles y no debe descartarse. La inclusión de grandes cantidades de acero de refuerzo en el revestimiento de un túnel casi nunca es necesaria y aumenta considerablemente la dificultad, el costo y el tiempo necesarios para construir ese revestimiento con poco o ningún beneficio adicional. De hecho, la inclusión de refuerzo de acero en el revestimiento de un túnel podría restarle vida útil debido, por ejemplo, a la corrosión.

Los requisitos actuales del código ACI se desarrollaron principalmente para su aplicación a estructuras independientes sobre el suelo, que inherentemente se comportan de manera diferente a los revestimientos de túneles. Los factores ϕ variables son una característica integral de las disposiciones del CÓDIGO ACI-318, y los autores creen que es apropiado aumentar los factores ϕ para revestimientos de túneles no reforzados para aprovechar el comportamiento beneficioso del revestimiento de túneles.

Referencias

1. Brierley, G.; Klein, J.; and Poston, R.W., “Tunnel Lining Design, Part 1: Design Considerations,” Concrete International, V. 45, No. 6, June 2023, pp 43-47. (En español véase: Revista Junio 2023, Concreto Latinoamérica pp. 15 “Diseño de Revestimiento de Túneles, Parte 1: Consideraciones de Diseño”)
2. ACI Committee 318, “Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary (ACI CODE-318-19) (Reapproved 2022),” American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2019, 624 pp.
3. Paul, S.L.; Hendron, A.J.; Cording, E.J.; Sgouros, G.E.; and Saha, P.K., “Design Recommendations for Concrete Tunnel Linings, Volume II: Summary of Research and Proposed Recommendations,” Report No. UMTA-MA-06-0100-83-3, U.S. Department of Transportation, Urban Mass Transportation Administration, Washington, DC, Nov. 1983, 176 pp. ACI Committee 350, “Code Requirements for Environmental Engineering Concrete Structures and Commentary (ACI CODE-350-20),” American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2021, 549 pp.
4. ACI Committee, “Code Requirements for Environmental Engineering Concrete Structures and Commentary (ACI CODE-350-20),” American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2021, 549 pp.



Gary Brierley tiene más de 50 años de experiencia relacionada con el diseño y construcción de proyectos de túneles. Su tesis doctoral abordó el desempeño estructural del revestimiento del túnel de la estación de metro Dupont Circle en Washington, DC, EE. UU., y es autor de más de 200 artículos sobre aberturas subterráneas. En 2014, recibió el Premio al Alumno Distinguido de la Universidad de Illinois. Recibió su licenciatura en ingeniería civil de la Universidad de Tufts, Medford, MA, EE. UU., en 1968, y su maestría y doctorado de la Universidad de Illinois en Urbana-Champaign, Urbana, IL, EE. UU., en 1970 y 1975, respectivamente.



Joseph Klein, miembro de ACI, es ingeniero senior de Pivot Engineers en Austin, TX, EE. UU., y su experiencia profesional se centra en la evaluación y reparación de estructuras de concreto. Es miembro de los Comités ACI 132, Responsabilidad en la Construcción en Concreto; 348, Confiabilidad y Seguridad Estructural; 437, Evaluación de resistencia de estructuras de hormigón existentes; y 444, Monitoreo de la Salud Estructural. Recibió su licenciatura y maestría en ingeniería civil de la Universidad de Texas en Austin, Austin, TX, en 2013 y 2015, respectivamente.



Randall W. Poston, ex presidente de FACI y ACI, es director sénior de Pivot Engineers, Austin, TX. Durante los últimos 37 años, ha estado involucrado en la evaluación, reparación y reforzamiento de cientos de estructuras. Es Presidente de la Junta de Normas de ACI y es miembro del Comité 318 de ACI, Código de Construcción de Concreto Estructural, del cual fue Presidente durante el ciclo del Código de 2014; y Subcomités de ACI 318-D, Miembros, y 318-N, Sostenibilidad. Poston recibió su licenciatura, maestría y doctorado en ingeniería civil de la Universidad de Texas en Austin, Austin, TX.

La traducción de este artículo correspondió al Capítulo de República Dominicana

*Título: Diseño del revestimiento de túneles,
Parte 2: Consideraciones de análisis*



Traductor:
Dr. Fray F. Pozo Lora



Revisor Técnico:
Ing. Piero R. Caputo

Preguntas y Respuestas

Las preguntas de esta columna fueron formuladas por usuarios de los documentos de ACI y han sido respondidas por el personal de ACI o por un miembro o miembros de los comités técnicos de ACI. Las respuestas no representan la posición oficial de un comité de ACI. Los comentarios deben enviarse a keith.tosolt@concrete.org.

Competencia de los operadores para determinar los números F

P Somos un gran contratista de concreto cuyo principal ámbito de trabajo es suministrar e instalar (es decir, bombeo, colocación y acabado) losas de piso de tráfico aleatorio comerciales y residenciales. Nuestro alcance de acabado de concreto es supervisado y realizado por acabadores de superficies de concretos certificados por ACI de acuerdo con ACI 301-20, Sección 5.3.4.1¹. Una agencia de pruebas contratada por el propietario evalúa continuamente nuestro trabajo para determinar el cumplimiento del contrato mediante inspección y pruebas de acuerdo con las especificaciones ACI apropiadas y las normas ASTM International. Estos métodos de prueba estándar de ASTM International cubren todo, desde medir el asentamiento (ASTM C143/C143M-20²) hasta determinar la planicidad y nivelación de losas de piso de tránsito aleatorio (ASTM E1155-20³). ACI 301-20, Sección 1.7.3.1, requiere que las agencias de pruebas del propietario que realicen pruebas específicas de materiales de concreto cumplan con los requisitos de ASTM C1077-17⁴. Estos requisitos incluyen otras normas de ASTM International y la certificación ACI para pruebas de campo y de laboratorio, pero no incluyen ASTM E1155 o cualquier certificación para esa prueba. Otros documentos de ACI como ACI 117-10⁵, ACI 311.4R-05⁶, y ACI 311.7-18⁷ tampoco dicen nada sobre este tema. En un proyecto reciente, cuestionamos los resultados de la prueba de planicidad/nivelación del piso de la agencia de pruebas después de realizar pruebas complementarias utilizando nuestro dispositivo de medición en las mismas líneas de medición de muestra. Nuestro operador del dispositivo fue capacitado y debidamente certificado por el fabricante del dispositivo. Al final resultó que, el operador de la agencia de pruebas había sido “capacitado por herencia” por otros inspectores, no capacitados ni certificados por el fabricante del dispositivo. Las deficiencias de esta capacitación heredada en el trabajo se han descrito en la literatura: “Con demasiada frecuencia, cuando un operador le enseña a otro operador cómo realizar mediciones de números F, se pasan por alto algunos de los puntos más finos que se muestran en el manual de operación del fabricante”⁸. En nuestro caso, las diferencias en los resultados de la prueba del número F fueron significativas y potencialmente costosas. Cuando se cuestionó, la agencia de pruebas del propietario nos dijo que ASTM E329-21 permite la capacitación heredada porque constituye la “capacitación en el trabajo” citada en la Sección 6.2.6 Inspector o Técnico: “Esta persona deberá tener suficiente educación y capacitación en el trabajo o en una escuela de oficios para realizar adecuadamente la inspección o prueba a la que está asignada”⁹. ¿Es correcta la posición de la agencia de pruebas del propietario con respecto a la capacitación heredada?

R

Para responder a esto, revisamos los estándares de la industria, los métodos de prueba y las especificaciones donde uno esperaría razonablemente encontrar requisitos para la capacitación o certificación obligatoria del operador del dispositivo. Actualmente, ninguno de estos documentos dice nada sobre la capacitación, las calificaciones o la certificación para los operadores que determinan los números F.

Aunque la agencia de pruebas del propietario citó la Sección 6.2.6 de ASTM E329-21, no proporcionó el párrafo completo. Dos oraciones adicionales añaden perspectiva: “Esta persona debe poder demostrar competencia para la prueba o inspección que se realiza mediante un examen oral o escrito, o ambos. La certificación apropiada para los servicios que se prestan, o la certificación realizada por otras autoridades nacionales calificadas según corresponda al servicio, se considerará como un medio para documentar la competencia”⁹.

No creemos que la agencia de pruebas haya cumplido con la intención completa de este párrafo. En primer lugar, la agencia de pruebas indicó sólo capacitación en el trabajo, no se describió ningún componente educativo. En segundo lugar, la capacitación en el trabajo no “demuestra la competencia” mediante “un examen oral o escrito, o ambos”. En tercer lugar, si bien no existen autoridades nacionales que brinden acreditación de terceros para esta prueba, los fabricantes de dispositivos brindan capacitación y certificación en el uso de sus dispositivos de acuerdo con ASTM E1155.

Aunque las pruebas de los números F no es una cuestión relacionada con la seguridad o los códigos de construcción, dichas pruebas se realizan para determinar y hacer cumplir las especificaciones. Por esa razón, la certificación obligatoria es un requisito racional que debe incorporarse a las normas industriales apropiadas, como ACI 301, ASTM C1077 y AIA MasterSpec, Sección 033000 Concreto colado en sitio¹⁰.

Especificaciones de garantía de calidad

Las especificaciones de garantía de calidad son procedimientos que aseguran que los materiales, la fabricación y las estrategias de instalación propuestos cumplan con los requisitos del contrato. Se especifican estándares y pruebas para garantizar que la construcción y las pruebas cumplan con requisitos específicos. A continuación, se proporcionan las especificaciones de garantía de calidad de la MasterSpec AIA 2021, Sección 033000 Concreto moldeado in situ. La oración en negrita se agrega para ilustrar cómo incluir una especificación de garantía de calidad para operadores calificados que realizan pruebas de número F:

“1.6 Garantía de Calidad

D. Calificaciones de la Agencia de Pruebas de Control de Calidad en Campo: una agencia independiente, aceptable para las autoridades que tenga jurisdicción, calificada de acuerdo con ASTM C1077 y ASTM E329 para las pruebas indicadas.

1. El personal que realiza pruebas de campo debe estar calificado como Técnico ACI en Pruebas al Concreto en Campo, Grado 1, de acuerdo con ACI CPP 610.1^[11] o un programa de certificación equivalente.¹⁰”

2. El personal que realice pruebas de acuerdo con ASTM E1155 deberá estar certificado por el fabricante del dispositivo.

Por supuesto, se debe agregar una disposición complementaria a la AIA MasterSpec, Sección 1.5 Entregas informativas, para garantizar la presentación y verificación de la certificación del fabricante. Un consultor nacional recomienda un enfoque similar en las especificaciones del proyecto¹².

Calificación de la licitación del contratista

Mientras tanto, recomendamos a los contratistas que califiquen sus propuestas de licitación para que acepten pruebas de número F para comprobar el cumplimiento de las especificaciones sólo si el operador está certificado por el fabricante del dispositivo. Estos programas de formación y certificación se pueden encontrar en los siguientes enlaces:

- The Dipstick® en <https://dipstick.com/f-number-school-info/>;
- D-Meter y F-Meter en <https://allenface.com/f-number-technical-classes/>; y
- Axiom 1155 en www.axiom1155.com/training.

Emplear conferencia previa a la construcción

Por último, ASTM E1155, Sección 6, Nota 3, establece que "todos los participantes en el proyecto deben ponerse de acuerdo sobre el aparato de ensayo exacto que se utilizará antes de la aplicación de este método de ensayo para el cumplimiento de las especificaciones del contrato"³. La reunión preliminar especificada en ACI 301-20, Sección 1.6.1, sería el momento adecuado para que todas las partes interesadas confirmen que todo el personal (contratistas e inspectores) está debidamente capacitado y certificado para realizar el trabajo.

Referencias

1. Comité ACI 301, "Especificaciones para la construcción con concreto (ACI 301-20)", American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2020, 69 págs.
2. ASTM C143/C143M-20, "Método de prueba estándar para el asentamiento del concreto de cemento hidráulico", ASTM International, West Conshohocken, PA, 2020, 4 págs.
3. ASTM E1155-20, "Método de prueba estándar para determinar los números de planitud del piso FF y nivelación del piso FL", ASTM International, West Conshohocken, PA, 2020, 8 págs.
4. ASTM C1077-17, "Práctica estándar para agencias que prueban concreto y agregados de concreto para uso en construcción y criterios para la evaluación de agencias de prueba", ASTM International, West Conshohocken, PA, 2017, 9 págs.
5. Comité ACI 117, "Especificación de tolerancias para materiales y construcciones de concreto y comentarios (ACI 117-10) (reaprobado en 2015)", American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2010, 81 págs.
6. Comité ACI 311, "Guía para la inspección del concreto (ACI 311.4R-05)", American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2005, 13 págs.
7. Comité ACI 311, "Especificación para la inspección de construcciones con concreto (ACI 311.7-18)", American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2018, 8 págs.
8. McCall, C.; Smith, R.; Suprenant, B.A.; y Tipping, E., "Common Problems with F-number Measurements", Concrete Construction, 15 de enero de 2003, 4 págs.
9. ASTM E329-21, "Standard Specification for Agencies Engaged in Construction Inspection, Testing, or Special Inspection," ASTM International, West Conshohocken, PA, 2021, 11 pp.
10. "AIA MasterSpec, Section 03 30 00 Cast-In-Place Concrete," The American Institute of Architects (AIA), Washington, DC, 2021.
11. "ACI Certification Program Policy: Concrete Field Testing Technician - Grade I (ACI CPP 610.1-18)," American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2018, 15 pp., www.concrete.org/Portals/0/Files/PDF/cpp_6101-18.pdf.
12. Walker, W.W.; Holland, J.A.; Bentley, C.L. Sr.; Tipping, E.G.; Smith, R.E.; and Birdwell, B.M., "Floor Flatness and Levelness Testing - The Complete Specification," Engineering Bulletin, Structural Services, Inc., Oct. 11, 2018, 4 pp., www.ssiteam.com/uploads/collections/Floor_Flatness_and_Levelness_Testing_-_The_Complete_Specification2.pdf.

Gracias a James E. (Jim) Klinger y Bruce A. Suprenant, Sociedad Estadounidense de Contratistas de Concreto, St. Louis, MO, EE. UU., por brindar la respuesta a esta pregunta y a Frank P. Salzano, Director de Control de Calidad, Ceko Concrete. Construction, LLC, EE. UU., por revisar la respuesta.

La traducción de este artículo correspondió al Capítulo de Ecuador

Título: Competencia de los operadores para determinar los números F



Traductor:
Cristian Vallejo Delgado
Candidato a Arquitecto.
Voluntario ACI Centro Sur Ecuador.



Revisor Técnico:
Ing. Santiago Velez
Guayasamin
MSc DIC.

Fondos de Apoyo y Becas para 2023-2024

Se otorgaron 19 fondos de apoyo y 14 becas a estudiantes de 27 diferentes instituciones.

La Fundación ACI ha anunciado los beneficiarios de los programas de fondos de apoyo y becas 2023-2024. La Fundación ACI es una filial no lucrativa del Instituto que promueve el progreso, la innovación y la colaboración en la industria del concreto a través de inversiones estratégicas en investigación, becas e ideas. Con la ayuda de generosos donantes de la comunidad del concreto, la Fundación ACI apoya firmemente a los estudiantes que se incorporan al campo del concreto y se convierten en los principales diseñadores, ingenieros, administradores de construcción y contratistas de la industria. La Fundación ACI está abriendo el camino para asegurar un futuro sostenible y exitoso para la industria del concreto con inversiones centradas estratégicamente en ideas, investigación y personas. Desde la creación del programa de Fondos de Apoyo de la Fundación en 2008, la Fundación ACI ha brindado apoyo financiero, tutoría y pasantías a más de 275 estudiantes.

Fondos de Apoyo de la Fundación ACI

Los fondos de apoyo de la Fundación ACI se ofrecen a estudiantes universitarios y de postgrado con un gran potencial en ingeniería, administración de la construcción y otros planes de estudios apropiados que estén avalados por un miembro de ACI. El objetivo del programa de fondos de apoyo es identificar, atraer y desarrollar profesionales destacados para que desarrollen carreras productivas en el área del concreto. Durante el año académico, cada estudiante recibirá un estipendio educativo de 10,000 dólares (15,000 dólares en el caso del Fondo de Apoyo en memoria de Daniel W. Falconer), gastos de viaje y gastos de asistencia pagados para asistir a dos convenciones del concreto de ACI, y ayuda para encontrar un mentor en la industria. Entre los

beneficiados con estos fondos figuran:

Fondo de Apoyo de la Fundación ACI en Materiales de Concreto

Sherryen Mutoka está realizando su doctorado en la Universidad de Notre Dame, Notre Dame, IN, EE.UU., trabajando en el Laboratorio de Estructuras Cinéticas bajo la dirección de la miembro del ACI Ashley Thrall. Entre sus intereses de investigación figura la fabricación acelerada de infraestructuras civiles en las que el acero y el concreto son los principales materiales. Mutoka está investigando varios métodos para reforzar muros de concreto impresos en tres dimensiones (3D) utilizando experimentos a escala real y desarrollando modelos numéricos de los muros. Después de graduarse, planea convertirse en ingeniera y unirse a una empresa de diseño que ofrezca diseños resilientes utilizando soluciones innovadoras, como el concreto flexible. Además, espera utilizar los conocimientos adquiridos en sus investigaciones y su experiencia en el sector para mejorar los reglamentos de construcción.



Fondo de Apoyo de la Fundación ACI para Practicantes del Concreto

Avery Londo estudia en la Universidad Tecnológica de Montana, Butte, MT, EE.UU. Durante un proyecto de investigación para diseñar un concreto sostenible mediante la sustitución del cemento por cenizas de estiércol de vaca, quedó fascinada por



el tema del diseño de la mezclas de concreto. En 2022, Londo tuvo otra oportunidad para aprender más sobre proporcionamiento de mezclas siendo capitán de diseño de mezclas del equipo de canotaje de concreto del Capítulo Estudiantil de la Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles (ASCE, por sus siglas en inglés).

Este año, Londo tiene previsto crear un capítulo del ACI en la universidad para despertar el interés por el concreto y continuar formando a sus compañeros. Después de la universidad, buscará continuar con su vida profesional como ingeniero estructurista. Como preparación para su vida profesional y durante la misma, tiene previsto participar en los Comités ACI 301, Especificaciones para la construcción con concreto, y E702, Diseño de estructuras de concreto.

Fondo de Apoyo de la Fundación ACI

Noah Struck es estudiante de postgrado en ingeniería estructural en la Universidad de Minnesota, Twin Cities, Minneapolis, MN, EE.UU. Su ambición de desarrollar una carrera profesional en el diseño de estructuras de concreto relacionadas con el transporte surgió de un curso sobre diseño de concreto presforzado.



Struck amplió sus conocimientos técnicos sobre el diseño de estructuras de concreto durante una pasantía en el equipo de estructuras de Kimley-Horn el verano pasado. Mientras trabajaba para Kimley-Horn, tuvo la oportunidad de diseñar cimentaciones de pilotes perforados de concreto reforzado para postes de luz de gran altura, crear un modelo tridimensional de una zapata de concreto reforzado para una señal de orientación, e inspeccionar puentes de concreto y estructuras de estacionamiento para evaluaciones de mantenimiento y reparación. La experiencia de diseño le dio un conocimiento más profundo del software de diseño de concreto.

Fondo de Apoyo de la Fundación ACI

Mohammad Jobaer Uddin

es estudiante de doctorado en ingeniería civil en la Universidad Estatal de Oklahoma, Stillwater, OK, EE.UU. Bajo la supervisión de Tyler Ley, FACI, está investigando el impacto de los parámetros de diseño de mezcla en las propiedades del concreto en estado fresco mediante la observación de las propiedades reológicas, el revenimiento y la capacidad de acabado. Ha establecido algunos parámetros fundamentales que permiten reducir en casi un 20% la huella de carbono del concreto utilizando una gradación y dosificación de aditivos óptimas. Uddin también trabaja en un novedoso método de ensayo para determinar la trabajabilidad del concreto colocado en cimbras deslizantes.



Una vez finalizado su doctorado, Uddin tiene la intención de trabajar en las industrias de concreto premezclado o de aditivos para llevar a cabo actividades de investigación y desarrollo. También está interesado en formar parte del Comité 309 del ACI, Consolidación del Concreto.

Fondo de Apoyo de la Fundación ACI

Saida Rezaee

es investigadora sobre concreto reforzado en el Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental de la Universidad de Waterloo, Waterloo, ON, Canadá. Su tesis de maestría investiga la viabilidad de utilizar fibras de acero para reducir la cantidad de varillas de refuerzo en la capa superior de los tableros de los puentes. Su objetivo profesional a largo plazo es trabajar como ingeniera de estructuras en la industria del concreto.



Rezaee ha trabajado como ingeniero asociado de puentes en el Ministerio de Transporte de Ontario, realizando cálculos de diseño estructural para múltiples puentes de autopista con el fin de determinar posibles soluciones para su rehabilitación. Además, ha sido asistente de dirección de proyectos en el sector de la construcción y ha observado el proceso de

construcción de edificios residenciales de mediana y gran altura en distintas fases de ejecución.

Fondo de Apoyo de la Fundación ACI para Futuro Líder en la Industria del Concreto

Jenna Hays es estudiante de ingeniería civil en la Universidad del Norte de Arizona, Flagstaff, AZ, EE.UU. Su objetivo es hacer carrera como ingeniera estructural en la industria del concreto. Está realizando una investigación de licenciatura, con un profesor de ingeniería estructural, para investigar el comportamiento del material de polímero reforzado con fibra de vidrio, cuando se utiliza en acopladores como alternativa sostenible a los acopladores de acero, utilizados para conectar claros de varillas de refuerzo en el concreto.



Durante el año escolar, Hays trabaja como responsable de instrucción complementaria, que es un tutor entre iguales, para el curso de Estática de Mecánica Aplicada. También es miembro del capítulo ASCE de la escuela. Durante los veranos, trabaja como becaria en Coffman Engineers, en Alaska.

Fondo de Apoyo de la Fundación ACI para Medio Oriente y Norte de África

Habibelrahman Hassan es estudiante de posgrado en la American University of Sharjah (AUS), Sharjah, EAU, y trabaja en su tesis de maestría sobre la impresión 3D de concreto (C3DP). Su proyecto final de investigación consistió en desarrollar una mezcla de concreto reforzado con fibra de polietileno con requisitos reológicos específicos y probar sus propiedades en estado fresco y endurecido. Hassan trabajó como ayudante de investigación, colaborando en los trabajos de laboratorio para investigar los efectos de la sustitución del cemento, por porcentajes variables de distintos residuos industriales en el comportamiento de las mezclas de concreto imprimibles en 3D. Como estudiante de la AUS, fue miembro de la Junta Directiva fundadora del Capítulo Estudiantil del ACI AUS



y asistió a la Conferencia sobre Innovación en el Concreto del ACI, celebrada en Dubai (EAU).

Fondo de Apoyo del Presidente del ACI

Bayezid Baten cursa estudios de doctorado en la Universidad de Illinois en Urbana-Champaign (UIUC), Urbana, IL, EE.UU. Sus intereses de investigación incluyen el desarrollo de concretos de ultra alto comportamiento (UHPC, por sus siglas en inglés) ecológicos y de bajo costo, utilizando materiales innovadores y una optimización eficiente. El objetivo de la investigación es optimizar el empaquetamiento de partículas como forma eficaz de garantizar un UHPC de bajo contenido en cemento de bajo costo y con altas propiedades mecánicas. Es miembro del capítulo de estudiantes de la ACI UIUC.



Tras su graduación, Baten tiene intención de incorporarse a la industria del concreto y servir de mentor a jóvenes investigadores para contribuir al desarrollo de infraestructuras y a trabajos de investigación vanguardistas. En estrecha colaboración con la comunidad profesional, su objetivo es desarrollar el UHPC como material de construcción sostenible y promover su aplicación para garantizar infraestructuras más durables.

Fondo de Apoyo para Estudiantes Baker

Colin Boyle estudia en la Universidad de Cornell, Ithaca, NY, EE.UU. Durante su primer año, el miembro honorario de ACI Ken Hover se convirtió en su mentor y asesor de investigación. Tras un semestre de formación, Boyle empezó a dirigir un proyecto de investigación, financiado por Thalle Industries Inc, para crear una mezcla de concreto que neutralizaría el suelo contaminado por fugas subterráneas de gas. Utilizando la tierra excavada y el biocarbón como agregados, el equipo de investigación diseñó una mezcla controlada de baja resistencia que elimina la contaminación y puede volver a colocarse en la zanja y excavar fácilmente en futuros proyectos.



Los prometedores resultados permitieron a Boyle y al equipo de investigación redactar un informe técnico para presentarlo a Thalle Industries con el que consiguieron financiamiento para el siguiente curso académico.

Fondo de Apoyo Barbara S. y W. Calvin McCall Carolinas

Paul Acuña cursa su doctorado en la Universidad Estatal de Carolina del Norte (NCSU), Raleigh, NC, EE.UU. Investiga el uso de polímeros reforzados con fibra de carbono y fibra de vidrio como fuente principal de refuerzo pretensado y pasivo para estructuras de concreto. El proyecto consiste en un estudio de caso de un puente reforzado sin acero de múltiples claros que se construye en la zona de Outer Banks, en Carolina del Norte. Se espera que los datos y resultados de este proyecto apoyen la mejora de reglamentos y normas, como la recientemente publicada ACI CODE-440.11-22: Requisitos del Código de Construcción para Concreto Estructural Reforzado con Varillas de Polímero Reforzado con Fibra de Vidrio (GFRP, por sus siglas en inglés) - Reglamentoy Comentario. Acuña es miembro del Capítulo Estudiantil ACI NCSU y es asesor de graduados y Examinador Suplementario para la certificación de Técnico en Pruebas de Campo de Concreto ACI - Grado I.



Fondo de Apoyo de la Fundación Estudiantil Charles Pankow

Katie Hogarth cursa estudios de doctorado en ingeniería civil en la Universidad Estatal de Idaho (ISU), Pocatello, ID, EE.UU. Su interés por el concreto fue inspirado por Mustafa Mashal durante sus estudios universitarios y de posgrado. Trabajar en proyectos de investigación en el Complejo de Investigación de Ingeniería de la ISU animó a Hogarth a hacer carrera en el sector del concreto. El proyecto de tesis de su maestría se centró en la innovación de vigas de acoplamiento, concretamente vigas de acoplamiento dobles, y en el aumento de su



sostenibilidad en caso de terremoto. Para ello se realizaron pruebas sísmicas de la muestra y se analizó el producto. Su investigación de doctorado se centra en la adaptación sísmica de pilares de puentes que incorporan una conexión de tubería telescópica. Aumentar la longevidad y sostenibilidad de las infraestructuras es algo que le intriga como profesión.

Fondo de Apoyo en Memoria de Daniel W. Falconer

Dana Tawil está realizando su doctorado en ingeniería civil en la Universidad de Ottawa, Ottawa, ON. Su trabajo de doctorado se centra en el estado y la evaluación estructural de losas de relleno pretensadas transversalmente recuperadas del conocido puente Champlain de Montreal, QC, Canadá, tras 57 años en servicio. El trabajo implica una evaluación detallada del alcance de los daños por corrosión en las losas antes de someterlas a pruebas de capacidad estructural y modo de fallo para vincular el comportamiento estructural al deterioro del material. Por último, se desarrollará un protocolo de gestión que permita optimizar las técnicas de mantenimiento y rehabilitación de puentes similares. Tawil se compromete a hacer avanzar la industria del concreto identificando y abordando las lagunas de conocimiento cruciales en ingeniería forense.



Fondo de Apoyo Darrell F. Elliott Louisiana

Sergio Godínez cursa su doctorado en la Universidad de California San Diego (UCSD), San Diego, CA, EE.UU. Su investigación se centra en la respuesta sísmica no lineal de estructuras de concreto reforzado de gran altura. Godínez está investigando el uso de macroelementos para predecir la distribución de fuerzas en diafragmas para pisos de concreto reforzado en análisis no lineales de tiempo-historia. Su objetivo a largo plazo es trabajar en una universidad orientada a la investigación y formar parte de una institución



centrada en la evaluación de las directrices de diseño de estructuras de concreto. Godínez también siente pasión por la enseñanza, que ha podido desarrollar en la UCSD como instructor asistente de cursos de licenciatura y posgrado, y como instructor de un curso de licenciatura.

Fondo de Apoyo en Memoria de Don Marks

Timothy Kohany es estudiante de postgrado en ingeniería estructural en el Manhattan College, Bronx, NY. Ha realizado pasantías de verano en una empresa de ingeniería estructural. Kohany colaboró en el diseño del reemplazo de un puente. Utilizando planos de obra y creando modelos en 3D, su equipo calculó ubicaciones precisas para el centro de gravedad de cada puntal y determinó la resistencia disponible del concreto durante la suspensión. Para ello fue necesario calcular el peso de la superestructura existente y sus pilares de apoyo. Este valor determinaría el tamaño de la grúa que se utilizaría para levantar las viejas secciones y dónde colocar los cortes tanto del tablero de concreto como de las viguetas para optimizar el número de puntales.



Fondo de Apoyo JoAnne K. y Cecil L. Jones Carolinas

Samuel Valmassoi cursa una maestría en ingeniería estructural y mecánica en la Universidad Estatal de Carolina del Norte (NCSSU). Ha trabajado como asistente de investigación estudiantil con Rudolf Seracino, FACI, en el Laboratorio de Instalaciones Construidas de la NCSSU, principalmente en investigaciones relacionadas con el reemplazo del puente de Harkers Island. Este proyecto sustituirá dos puentes de 50 años de antigüedad por un nuevo puente de un solo vano que será el primero de Carolina del Norte totalmente reforzado con compuestos de polímero reforzado con fibra (FRP) en lugar de acero.



Como futuro diseñador, Valmassoi está entusiasmado con la posibilidad de utilizar

FRP para diseñar y construir estructuras más resistentes y sostenibles. Tiene previsto seguir investigando con el objetivo de ampliar nuestros conocimientos sobre las estructuras de concreto reforzadas con FRP.

Fondo de Apoyo Nicholas F. Maloof, Jr. Capítulo ACI GA

Carlos Franco Mayorga Gallegos cursa un doctorado en ingeniería estructural en la Universidad de California en San Diego. Ha continuado tomando cursos relacionados con el diseño sísmico de estructuras de concreto reforzado (CR) y comenzó a trabajar con Georgios Tsampras, miembro de la ACI, en el desarrollo de una metodología de diseño para sistemas de construcción de alta eficiencia en los que se instalan dispositivos de protección sísmica en las conexiones entre el diafragma del suelo y los muros de CR para limitar las fuerzas transferidas. La inclusión de estas conexiones evita la compleja interacción y concentración de esfuerzos observada en las conexiones monolíticas de CR y reduce las respuestas sísmicas estructurales y su dispersión. La metodología de diseño propuesta considera la calibración del modelo, los análisis numéricos no lineales y los requisitos de diseño del ACI 318.



Fondo de Apoyo en Memoria de Robert F. Mast

Johnathan Broyles es estudiante de posgrado en la Universidad Estatal de Pensilvania, en State College, Pensilvania (EE.UU.). Su objetivo profesional a largo plazo es avanzar en el diseño de estructuras de concreto como miembro del cuerpo docente de una institución o en un puesto de investigación y desarrollo en la industria, con el fin explorar la forma de integrar más sostenibilidad en el diseño de edificios. Su investigación se centra en la reducción de las emisiones de carbono incorporado (E_{ce}), con el fin de ofrecer estrategias para que los ingenieros estructurales calculen la E_{ce} de los diferentes pisos de concreto,



incluyendo los sistemas de concreto reforzado y postensado, con el objetivo de determinar la solución de diseño estructural y sostenible más eficiente. Broyles tiene previsto participar en los subcomités del ACI que evalúan la sostenibilidad del concreto en herramientas computacionales y de diseño.

Fondo de Apoyo S.P. Shah

Marina García es estudiante de doctorado en la Universidad de Purdue, West Lafayette, IN, especializada en el uso de concreto de carbono neutro. Como estudiante universitaria, asistió a la conferencia de la Asociación Española de Ingeniería Estructural. La conferencia le brindó la oportunidad de relacionarse con expertos en concreto y conocer la industria del concreto y su futuro, lo que inspiró su futuro profesional. García se convirtió en ingeniera de puentes para K2 Engineering, una empresa de ingeniería civil española, y trabajó en varios proyectos internacionales. Durante sus estudios de maestría, se familiarizó con el ACI. Al ver la magnitud de la comunidad ACI y las oportunidades que se ofrecían a los jóvenes investigadores en Estados Unidos, decidió mudarse al extranjero y cursar estudios superiores centrados en el concreto.



Fondo de Apoyo en Homenaje a los Fundadores

Anabel Merejildo Santiago está comenzando sus estudios de doctorado en ingeniería civil en la Universidad de Puerto Rico en Mayagüez (Mayagüez, Puerto Rico), con un enfoque en la ingeniería del transporte. Su primera experiencia práctica con el concreto fue participar en la Competencia Estudiantil de Cilindros de Concreto Permeable del ACI en 2015. Posteriormente, fue Presidenta del Capítulo Estudiantil de la Universidad Politécnica de Puerto Rico del ACI. Merejildo Santiago es ahora Presidenta del Capítulo Puerto Rico del ACI. Lleva 7 años realizando ensayos de concreto. Su tesis de maestría consistió en integrar la constructibilidad



en los pavimentos de concreto. Cuando termine su doctorado, espera educar a la industria del transporte sobre la importancia del concreto y ayudar a mejorar las técnicas de construcción anticuadas.

Becas de grado y posgrado de la Fundación ACI

Financiadas principalmente mediante donaciones, la Fundación ACI administra estas becas, que se ofrecen a estudiantes universitarios o de posgrado con alto potencial. Durante el año académico, cada estudiante recibirá un estipendio educativo de 5,000 USD para su institución para cubrir los gastos de matrícula, residencia, libros y materiales.

Los beneficiarios de las Becas de la Fundación ACI 2023-2024 son:

Beca de la Fundación ACI

Sandy Chen cursa una maestría en la Universidad de Toronto, Toronto, ON. Ex alumna de Ken Hover, Miembro Honorario del ACI, su área de investigación es determinar las propiedades de un nuevo cemento europeo y su viabilidad en la industria de la construcción estadounidense. Su proyecto está directamente relacionado con la sostenibilidad del concreto, ya que este cemento europeo tiene una menor huella de carbono debido a su alto contenido de material cementante suplementario (MCS). Está muy interesada en el aspecto sostenible del concreto porque esta industria necesita evolucionar para mantenerse al día. En su trayectoria profesional a largo plazo en la industria del concreto, Chen planea continuar en el mundo académico y obtener un doctorado en materiales de concreto. En última instancia, quiere seguir aprendiendo y creciendo con la industria del concreto.



Beca de la Fundación ACI

Timothy Mueller, estudiante de doctorado de la Universidad de Florida (Gainesville, FL, EE.UU.), trabaja en proyectos relativos a la evaluación de los cruces de ferrocarril a nivel con las tuberías de concreto, así como en un proyecto de ensayos no destructivos (END) sobre la evaluación de durmientes (incluido el concreto) mediante radiografía de retrodispersión. Con experiencia en tecnologías innovadoras como la impresión 3D y la evaluación de estructuras mediante técnicas END, Mueller espera dedicarse a la ingeniería forense. En esta área puede combinar sus múltiples habilidades e intereses. Para él, la raíz de muchos de los problemas que se observan en la industria, suelen ser una interesante combinación de aspectos estructurales y de los materiales.



Beca de la Fundación ACI

Tijani Mohammed es estudiante de doctorado en ciencia, ingeniería y comercialización de materiales en la Universidad Estatal de Texas, San Marcos, TX, EE.UU. Sus investigaciones se centran principalmente en la sostenibilidad, la reducción de las emisiones de carbono, los materiales cementantes alternativos y los MCS. Durante su maestría, Mohammed trabajó en la reducción de emisiones de CO₂ con la incorporación de MCS. Utilizó ceniza volante al 50 y 70% como sustituto del cemento normal y estudió diversas propiedades ingenieriles. El objetivo a largo plazo de Mohammed es influir en la sociedad a través del desarrollo sostenible, aprovechando subproductos, residuos y materiales reciclados para ahorrar y preservar los recursos naturales para usos futuros. También aspira a convertirse en un profesor de ingeniería.



Beca de la Fundación ACI

Kate Weiksnar estudia en la Universidad de Florida una combinación de ingeniería ambiental e ingeniería civil. Su trabajo se centra en el desarrollo y la supervisión de diseños de mezclas de concreto de cemento portland que incorporan cenizas procedentes de la incineración de residuos sólidos municipales como sustituto de los agregados. Weiksnar planea consolidar sus éxitos y seguir avanzando en su nicho de investigación de alto impacto sobre el manejo del concreto y los residuos sólidos. Con estos esfuerzos, pretende contribuir a la descarbonización de la industria del concreto. Después de obtener su doctorado, espera seguir investigando en un laboratorio nacional para poner su experiencia al servicio de la resolución de problemas de seguridad nacional, como la optimización de materiales de concreto para la contención de reactores nucleares y la eliminación de residuos nucleares.



Beca en Homenaje a Bernard Erlin

Moustafa Mansour es estudiante de doctorado en la Universidad de Columbia Británica - Okanagan, Kelowna, BC, Canadá. Su tesis se centra en la utilización de materiales compuestos para la rehabilitación sísmica de columnas de concreto. La investigación explorará nuevas técnicas para resolver las deficiencias sísmicas de las columnas. Durante sus estudios universitarios, Mansour participó en dos proyectos de investigación en dos campos distintos del concreto: el reacondicionamiento sísmico de estructuras de concreto y la tecnología del concreto con geopolímeros. Mansour es miembro de los Subcomités 440-F, Reparación y Reforzamiento de PFR, y 549-K, Características de los Materiales FRCC/SRG, del ACI. También es Director de Comunicaciones del Comité de Concursos Estudiantiles de la Sociedad Canadiense de Ingeniería Civil (CSCE, por sus siglas en inglés). Como auxiliar docente, ha impartido clases a más de 440 estudiantes. A lo largo de su trayectoria



académica, busca contribuir al avance de las prácticas y la industria del concreto.

Beca Bertold E. Weinberg

Madeleine Murphree cursa una maestría en la Universidad de Florida. Está investigando la durabilidad del concreto masivo para un proyecto patrocinado por el Departamento de Transporte de Florida (FDOT, por sus siglas en inglés). Esta investigación influirá directamente en las especificaciones de concreto masivo del FDOT. Murphree hizo pasantías en Wiss, Janney, Elstner Associates, Inc, donde trabajó en estrecha colaboración con científicos experimentados en materiales, para realizar estudios sobre aspectos de durabilidad del concreto. Con su mentor, fundó el Capítulo Estudiantil del ACI de la Universidad de Florida. Antes de ser elegida Presidenta, ocupó los cargos de Vicepresidenta y Jefa del Equipo de Diseño. Murphree espera seguir a la vanguardia de la industria del concreto asistiendo a las Convenciones de Concreto del ACI y uniéndose a comités técnicos, como el Comité 207 del ACI, Concreto Masivo y Térmicamente Controlado.



Beca Katharine y Bryant Mather

Micah Stark es estudiante de doctorado en la Universidad A&M de Texas, College Station, TX. Durante su programa de doctorado, su objetivo es encontrar oportunidades para reducir el impacto de las estructuras de concreto de dos formas: haciendo diseños estructurales más eficientes y encontrando maneras de aplicar tecnologías de materiales que reduzcan el carbono directa y fácilmente en los diseños estructurales. Stark comenzó a investigar aglutinantes de fraguado rápido y alta resistencia inicial que buscan reducir el tiempo de construcción y las emisiones asociadas a ella. Tiene previsto trabajar como consultor en materia de sostenibilidad para ingenieros estructuristas, ayudando a diseñar soluciones novedosas para reducir el impacto ecológico de las estructuras de concreto, o seguir en el mundo



académico investigando y enseñando tecnologías sostenibles a la próxima generación de ingenieros estructuristas.

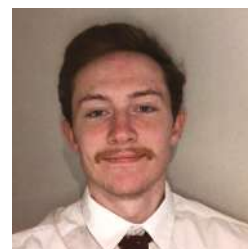
Beca en Materiales de Construcción Master Builders Solutions

Nithya Nair Vijayakumaran Nair GeethaRani está realizando su doctorado en la Universidad de Texas en Arlington, Arlington, TX. Para su tesis, está trabajando en un proyecto financiado por la Fundación Nacional de Ciencias de EE.UU. (NSF, por sus siglas en inglés), cuyo objetivo es lograr un mejor control de la carbonatación de materiales activados con álcali (MAA). GeethaRani utilizará técnicas bioinspiradas para controlar la carbonatación de las mezclas de MAA. Los organismos marinos pueden convertir el CO_2 en materiales biogénicos, especialmente CaCO_3 , el biomineral más abundante, y este proceso se denomina biomineralización. Asimismo, se ha demostrado que el control de la cristalización del CaCO_3 inorgánico con moléculas orgánicas produce fases híbridas “orgánico-inorgánicas” con una notable resistencia, dureza y resiliencia. Sus trabajos de investigación se centran en la captación de CO_2 en sistemas cementantes a base de cemento de escoria utilizando materiales bioinspirados. El desarrollo de tales combinaciones de materiales puede ayudar a mejorar la sostenibilidad mediante la reducción del CO_2 atmosférico y contribuir a la consecución de los objetivos mundiales de emisiones netas cero.



Beca de Posgrado Nick Bada – Capítulo Ontario del ACI

Jeremy Dodd es estudiante de posgrado en la Western University de Londres (ON). Ha recibido dos premios de investigación para licenciatura del Consejo de Investigación en Ciencias Naturales e Ingeniería de Canadá (NSERC, por sus siglas en inglés) y de la Western University. Estos premios le ayudaron a iniciar sus actividades de



investigación en colaboración con Stephenson Engineering, Toronto, ON, para analizar el comportamiento estructural de nuevos sistemas de pisos inteligentes. Para su proyecto de maestría, considera examinar el uso potencial de aleaciones con memoria de forma en las conexiones de sistemas de pisos prefabricados de concreto. Esta investigación dará lugar a un sistema de pisos fácil de construir, respetuoso con el medio ambiente y sostenible. Como apasionado estudiante de ingeniería estructural, espera poder dedicarse profesionalmente al sector del concreto y desarrollar mejores diseños, más sostenibles y seguros.

Beca en Memoria de Richard D. Stehly

Ariel Majano estudia en el programa de Administración de la Industria del Concreto (CIM, por sus siglas en inglés) del Instituto de Tecnología de Nueva Jersey (NJIT, por sus siglas en inglés), Newark, NJ, EE UU. Participó en un programa de pasantías en Hunter Roberts Construction Group, con sede en Nueva York. Trabajó con el personal de gestión de la construcción, principalmente con los superintendentes, y se le asignó la tarea de crear una matriz para hacer un seguimiento de las placas de anclaje específicas para muros cortina que requerirían lechada. Majano es Presidente del Capítulo Estudiantil del ACI del NJIT y desempeña un papel importante en la participación de los nuevos estudiantes, así como de los miembros actuales del capítulo, en competencias, convenciones y actividades escolares durante el semestre. Como ex becario del Fondo de Apoyo de la Fundación ACI para Futuros Líderes en la Industria del Concreto, quiere mostrar a otros estudiantes que ellos también pueden alcanzar un gran éxito a través de la Fundación ACI.



Beca en Memoria de Roger S. Johnston

William Snitzer es estudiante universitario en la Universidad Estatal de Arizona, Tempe, AZ. Su interés por el concreto comenzó en un curso de ciencia de los materiales de concreto, donde estudió temas como la química del concreto y las prácticas de campo, y donde recibió su certificación como Técnico en Pruebas de Campo del Concreto ACI - Grado I. Participó en el concurso estudiantil de la ASCE en el equipo de obra civil pesada de la Universidad Estatal de Arizona y ahora es el capitán del equipo de dicha universidad y entrena a estudiantes más jóvenes en estructuras de concreto y materiales asfálticos, presupuestos y métodos de construcción. También es Presidente del Capítulo Estudiantil del ACI de la Universidad Estatal de Arizona. En enero de 2021, comenzó a trabajar para un contratista civil pesado que presta servicios a los Departamentos de Transporte de Arizona, Nuevo México y Texas.



Beca Schwing America

Meraj Rubayat Kamal está desarrollando su carrera como investigador en materiales de construcción y es estudiante de doctorado en la Universidad de Columbia Británica - Okanagan. Trabaja en el desarrollo de concretos nanomodificados de alto comportamiento con materiales reciclados. También realiza investigaciones en varios proyectos: con la compañía Tolko Industries Ltd. sobre el uso de cenizas volantes de madera como MCS, con KLAD Surfaces sobre concreto reforzado con fibra de vidrio (GFRC) con vidrio reciclado como sustituto de la arena, y con Twente-am sobre concreto impreso en 3D con cenizas volantes de madera. Además, es Presidente del Equipo de Marketing del proyecto Wilden Living Lab, una iniciativa de investigación y aprendizaje para la construcción sostenible de viviendas, en la que actúa como enlace con distintos socios y grupos interesados del sector.



Beca en Memoria de Stewart C. Watson

Cameron Hicks cursa una maestría en ingeniería arquitectónica con especialización en ingeniería estructural en la Universidad Estatal de Kansas, Manhattan, KS, EE UU. Está trabajando en su tesis de maestría sobre el plástico reciclado extruido como sustituto parcial del agregado grueso en vigas de concreto. Hicks está diseñando el experimento en el que creará vigas de 4 m (12 pies) de largo con distintos tipos de refuerzo y agregados plásticos en sustitución. Basándose en los ensayos previos de tensión y compresión de cilindros, habrá tres vigas de control, tres vigas con una sustitución del 15% y tres vigas con una sustitución del 30%. Las vigas se diseñarán de modo que algunas fallen a cortante, flexión y aplastamiento, para ver los impactos del plástico en sustitución. La capacidad de almacenar plástico en las mezclas de concreto reducirá en gran medida los residuos plásticos en todo el mundo.



Beca W. Gene Corley

Bo Rider está realizando una maestría en la Universidad de Cornell. Sus estudios, actividades extracurriculares y empleo se han centrado en el concreto. Sus relaciones con profesores apasionados y comprometidos despertaron su interés por el concreto, y su tutoría le animó a obtener un título de posgrado y a seguir con una carrera en ingeniería del concreto. Su intención es utilizar su formación superior para contribuir a la industria del concreto llevando a cabo una investigación progresiva al tiempo que enseña a la próxima generación de ingenieros del concreto. Dirigió el equipo del proyecto de Cornell "Canoa de Concreto". También realizó una pasantía en Arup, en Nueva York. Actualmente es Vicepresidente del Capítulo Estudiantil de la ASCE de Cornell.



Inscríbete en línea

Los Fondos de Apoyo y Becas para estudiantes de pregrado y posgrado de la Fundación ACI Las becas de posgrado y de grado de la Fundación ACI están a disposición de los solicitantes cuyos estudios estén relacionados con el concreto. La solicitud en línea para el año académico 2024-2025 se abrirá el 5 de julio de 2023 y se cerrará el 1 de noviembre de 2023. Visite www.acifoundation.org/scholarships para conocer las bases de elegibilidad y las instrucciones para el envío de solicitudes.

La traducción de este artículo correspondió al Capítulo de México Noreste

Título: Fondos de Apoyo y Becas para 2023-2024



Traductora:
Lic. Iliana M.
Garza Gutiérrez



Revisor Técnico:
Ing. José Lozano y
Ruy Sánchez



3^{er} ANIVERSARIO

CONCRETO
LATINOAMÉRICA