

CONCRETO

LATINOAMÉRICA

VOLUMEN VII | NÚMERO 6 | JUNIO 2026

**Restauración de la Vida en Líneas
Costeras con Concreto Prefabricado**

El concreto como herramienta
para revivir ecosistemas costeros.

Por Deborah R. Huso

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

Representantes de los Capítulos ACI de Latinoamérica:

Argentina

Dr. Raúl Bertero

Colombia

Dra. Nancy Torres Castellanos
Dr. Fabián Augusto Lamus Báez

Costa Rica

Ing. Minor Murillo Chacón

Ecuador Centro y Sur

Ing. MSc. Santiago Vélez Guayasamín

Guatemala

Ing. Xiomara Sapón Roldán
Ing. Luis Álvarez Valencia

México Noreste

Dr. Alejandro Durán Herrera

México Noroeste

Ing. Raúl Alvarado Barbachano

México Centro y Sur

Mtro. Sergio Valdés Constantino

México Sureste

Mtro. Josseph Eli Mandujano Zavala

República Dominicana

Ing. Piero Roberto Caputo Rodríguez

Perú

Ing. José Luis Gonzales Quezada

Puerto Rico

Ing. Anabel N. Merejildo



Se estima que a la fecha entre el 30 y el 50% de los arrecifes de coral en el mundo se han perdido, y que el 90% de los arrecifes de ostras han desaparecido.

En 1993 se estableció la Fundación Reed Ball, la primera en utilizar concreto prefabricado para imitar a los arrecifes naturales. Se inició con una fórmula de concreto y protocolos de curado que redujeran la alcalinidad superficial y acelerara la compatibilidad biológica. Hoy en día, la fundación establece estándares globales en el diseño de arrecifes contruidos específicamente para ostras, en todo el mundo.

Las bolas de concreto prefabricado de la Fundación se fabrican en diferentes tamaños y formas; la mayoría tienen forma de domos con agujeros interconectados que permiten al agua través a través de ella, para que la vida marina se adhiera a esos sustratos y se regenere de manera exitosa.

A la fecha, más de 20,000 proyectos en 88 países con más de dos millones de bolas de concreto se han colocado en el agua.

La foto de nuestra portada muestra la colocación de una bola de concreto en Antigua y Barbuda. (Foto cortesía de Reef Ball Foundation)

Mayor información, en el artículo 3 de este número de la revista Concreto Latinoamérica.

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

COMITÉ EDITORIAL

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

Presidente del Comité Editorial:

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

Editor en Jefe:

Ing. José Lozano y Ruy Sánchez

Editores Asociados:

Dr. Lucio Guillermo López Yépez
Dra. Margareth Josefina Dugarte Coll
Dr. Francisco René Vázquez Leal
Dr. José Manuel Gutiérrez Moreno
Dr. Francisco David Anguiano Pérez
Dr. Aldo Emelio Landa Gómez

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 Armendáriz Solís

Diseño Gráfico:

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

REVISORES EDITORIALES

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

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

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



American Concrete Institute
Always advancing

¡Únete hoy!

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



CONTENIDO

1 | **El Capítulo ACI NCA & WNV Establece un Fondo Patrimonial para la San José State University**

Apoyo al Capítulo Estudiantil del ACI en la SJSU

Por Michelle (Miki) Craig y Akthem Al-Manaseer

5 | **Construcción Eficiente de Presas de Arco**

Concretos y tecnologías innovadoras permiten su edificación sin juntas de contracción.

Por Chongjiang Du

2 | **Semblanza del nuevo presidente del ACI: Scott Anderson**

6 | **Ensayos de resistencia a la extracción de anclajes embebidos durante el colado en concreto impreso en 3D mediante lanzado**

Por Deepak Suthar, Akanshu Sharma y Taylor Marchment

3 | **Novedades en Tecnología Restauración de la Vida en Líneas Costeras con Concreto Prefabricado**

El concreto como herramienta para revivir ecosistemas costeros.

Por Deborah R. Huso

7 | **Preguntas y Respuestas Conferencia Previa a la Construcción sobre Juntas de Dilatación en Estructuras de Estacionamiento de Concreto Postensado**

4 | **Novedades en Tecnología Modernización de la Construcción de Rascacielos con Sistemas Autotrepantes**

Por John Washburn

8 | **Disciplinas clave para avanzar como lanzador de concreto**

De operador a experto consciente en concreto lanzado

Por Raúl A. Bracamontes

*(Traducción al español editada por Raúl A Bracamontes.)
(Artículo publicado originalmente en la revista Shotcrete del segundo trimestre de 2026.)*

CONVOCATORIA

CONCRETO LATINOAMÉRICA

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

*Descarga la Guía
de Publicación*



¡Escanea para
conocer los
requisitos!

*Llena la Carta
de Solicitud*



¡Escanea para
completar tus
datos!

Una vez lista tu solicitud, fírmala y envíala a la Revista Concreto Latinoamérica a través del correo concretolatam@gmail.com

Tu solicitud y artículo serán evaluados para su publicación.

El Capítulo ACI NCA & WNV Establece un Fondo Patrimonial para la San José State University

Apoyo al Capítulo Estudiantil del ACI en la SJSU

Por Michelle (Miki) Craig y Akthem Al-Manaseer

La San José State University (SJSU) (Universidad Estatal de San José), ubicada en San José, California, Estados Unidos, se enorgullece de fomentar la excelencia académica y de brindar a sus estudiantes oportunidades para sobresalir en sus respectivas áreas de formación. La misión del Capítulo Estudiantil del ACI en la SJSU es promover la ingeniería civil como profesión y motivar a sus miembros estudiantiles mediante actividades y eventos con docentes y profesionales del sector.

El Capítulo Northern California & Western Nevada (NCA & WNV) (Capítulo del Norte de California y Oeste de Nevada) del American Concrete Institute (ACI) ha fungido como capítulo patrocinador del Capítulo Estudiantil del ACI en la SJSU desde 2012. Hasta hace poco, el Capítulo ACI NCA & WNV brindaba apoyo anual mediante becas y subvenciones otorgadas según las necesidades existentes. Con el propósito de asegurar el éxito y crecimiento continuo tanto del Capítulo Estudiantil del ACI en la SJSU como del Capítulo ACI NCA & WNV, así como de contribuir significativamente al cumplimiento de su misión, el Capítulo ACI NCA & WNV estableció un fondo patrimonial destinado a beneficiar a los estudiantes que participan en el Capítulo Estudiantil del ACI en la SJSU.

Capítulo Estudiantil del ACI en la SJSU

El Capítulo Estudiantil del ACI en la SJSU constituye una comunidad dinámica de futuros ingenieros y arquitectos comprometidos con el fortalecimiento de sus conocimientos y habilidades en tecnología del concreto y construcción. El Capítulo Estudiantil proporciona recursos valiosos, oportunidades de vinculación profesional y experiencia práctica fundamentales para el desarrollo profesional de los estudiantes.

Actividades y Beneficios

El Capítulo Estudiantil del ACI en la SJSU participa en numerosas actividades que enriquecen la experiencia educativa de sus integrantes.

Entre estas se incluyen:

- Talleres y seminarios impartidos por expertos de la industria;
- Participación en competencias nacionales y regionales;
- Visitas técnicas a sitios de construcción e instalaciones de manufactura;
- Actividades de vinculación profesional con especialistas de la industria del concreto; y
- Acceso a publicaciones y recursos técnicos del ACI.

Impacto en los estudiantes

- La participación en el Capítulo Estudiantil del ACI en la SJSU apoya a los estudiantes de diversas formas:
- Desarrollo de habilidades prácticas y conocimientos técnicos;
- Construcción de redes profesionales;
- Exposición a aplicaciones reales de la tecnología del concreto; y
- Fortalecimiento de su currículum y sus perspectivas profesionales.

La Necesidad de un Fondo Patrimonial Estudiantil

Con el fin de asegurar el éxito y crecimiento continuo del Capítulo Estudiantil del ACI en la SJSU, el Capítulo ACI NCA & WNV consideró fundamental establecer un fondo económico patrimonial. Este fondo proporcionaría una fuente estable de financiamiento para las actividades e iniciativas del Capítulo Estudiantil, permitiéndole ampliar su alcance e impacto.

La Junta Directiva del Capítulo ACI NCA & WNV trabajó en conjunto con el asesor académico del Capítulo Estudiantil del ACI en la SJSU, el Dr. Akthem Al-Manaseer, FACI, para establecer un fondo patrimonial con un monto objetivo de 100,000 USD. El fondo sería financiado mediante aportes anuales de 25,000 USD durante un período de cuatro años (Fig. 1). Esto permitió al Capítulo una mayor flexibilidad en su flujo de caja, al tiempo que se completaba la capitalización total del fondo. El último aporte del fondo fue recibido en marzo de 2026.

Objetivos del apoyo económico

Los recursos generados por el fondo patrimonial tienen como objetivo:

- Apoyar eventos educativos y talleres;
- Financiar la participación de estudiantes en competencias y conferencias;
- Otorgar becas y ayuda financiera a miembros merecedores; y
- Mejorar los recursos e instalaciones disponibles para el Capítulo Estudiantil del American Concrete Institute.

Beneficios a largo plazo.

El establecimiento de un fondo patrimonial generará beneficios significativos a largo plazo para la SJSU y sus estudiantes:

- Promover la excelencia académica y el desarrollo profesional;
- Fortalecer la vinculación entre la universidad y la industria;
- Fomentar la innovación y la investigación en tecnología del concreto; y
- Garantizar la sostenibilidad de las actividades del Capítulo Estudiantil del American Concrete Institute.



Fig. 1: Fotografía de la cena anual con estudiantes del Capítulo del ACI NCA & WNV en Marzo de 2026, donde el Capítulo Estudiantil del ACI SJSU recibió el último pago al fondo patrimonial.

Conclusiones

Invertir en el futuro de los estudiantes de la SJSU mediante el establecimiento de un fondo patrimonial para el Capítulo Estudiantil del ACI constituye un paso visionario hacia el fomento de la excelencia académica y profesional. Al respaldar y financiar esta iniciativa, el Capítulo ACI NCA & WNV continuará desempeñando un papel fundamental en la formación de las carreras y el desarrollo de los estudiantes dedicados al avance de la tecnología del concreto y la construcción.

En conjunto, el Capítulo y la SJSU han establecido una base para el éxito y la innovación que beneficiará a las generaciones futuras y fomentará la participación estudiantil en las actividades del ACI.

Si usted o su Capítulo del American Concrete Institute desean retribuir a la comunidad, la Fundación ACI ofrece una forma estructurada e impactante para que los Capítulos del ACI apoyen a estudiantes del sector del concreto mediante el establecimiento de becas o membresías. Al asociarse con la Fundación ACI, los Capítulos pueden beneficiarse de apoyo administrativo profesional, la promoción global del reconocimiento otorgado y la garantía de que el 100% de la donación se destina directamente a los estudiantes.

Las membresías y becas no solo brindan asistencia financiera; los beneficiarios de membresías también reciben invitaciones para asistir a tres Convenciones del ACI sin costo, lo que les proporciona oportunidades de vinculación profesional excepcionales con especialistas de la industria del concreto. Todas las contribuciones de los Capítulos del ACI son totalmente deducibles de impuestos dentro de los límites permitidos por la ley. Los costos administrativos de los programas de la Fundación ACI son cubiertos por el ACI; por lo tanto, el 100% de los fondos se destina al apoyo estudiantil.

Los Capítulos del ACI tienen opciones de premios con nombre según sus objetivos y presupuesto. El establecimiento de una membresía requiere una contribución mínima de 80,000 USD, pagada en un período de 5 años, con 10,000 USD otorgados anualmente al estudiante, además de los costos de viaje para asistir a tres Convenciones del ACI. Alternativamente, puede establecerse una beca con una contribución mínima de 25,000 USD, también pagada en 5 años, con 5,000 USD otorgados anualmente al estudiante (las becas no incluyen componente de viaje). Asimismo, las becas y membresías con nombre pueden convertirse en premios sostenidos en el tiempo, otorgados durante décadas, con una donación mínima de 120,000 USD para una beca y 350,000 USD para una membresía.

Para estos premios con nombre, los Capítulos del ACI trabajan junto con la Fundación ACI para definir el nombre del reconocimiento y los criterios de elegibilidad.

Para más información o para iniciar el proceso, puede contactarse con Kari Martin, Gerente de Recaudación de Fondos de la Fundación ACI, en kari.martin@acifoundation.org o visitar **www.acifoundation.org/scholarships**.

LOGRA EL MÁXIMO POTENCIAL CON

MICROSÍLICA

TU PEQUEÑO GRAN ALIADO

- MEJORA LA **RESISTENCIA** A LA **COMPRESIÓN**
- AUMENTA LA DURABILIDAD**
- INCREMENTA SU MÓDULO ELÁSTICO**
- RESULTADOS CON TAN SOLO EL 3% DE LA MEZCLA**
- ALTA IMPERMEABILIDAD**

WWW.EUCOMEX.COM.MX

SÍGUENOS EN

EUCLID CHEMICAL EUCOMEX

Miembro del American Concrete Institute, **Michelle (Miki) Craig**, se ha desempeñado como Secretaria-Tesorera del Capítulo Northern California & Western Nevada del ACI desde diciembre de 2014. Reconocida por sus habilidades de liderazgo, aporta a las operaciones del Capítulo una amplia gama de conocimientos en gestión empresarial. A lo largo de sus más de 30 años de trayectoria en la industria de la construcción, ha estado activamente vinculada al Capítulo en diversas funciones, mientras ha sido propietaria y administradora de un laboratorio de ingeniería de materiales.



Akthem Al-Manaseer, FACI, es profesor de ingeniería civil en la San José State University, en San José, California, Estados Unidos. Es becario Fulbright; ex presidente y miembro del Comité ACI 209, Creep and Shrinkage in Concrete; y miembro del Chapter Activities Committee (CAC) del American Concrete Institute, así como de los Comités ACI 231, Properties of Concrete at Early Ages, y 552, Cementitious Grouting. Es autor de un libro de texto sobre concreto estructural, cuya octava edición está programada para publicarse en 2026, basada en el ACI CODE-318-25. Ha publicado numerosos artículos en el campo de los materiales y estructuras de concreto y es expresidente del Capítulo Northern California & Western Nevada del American Concrete Institute.



Título original en inglés: ACI NCA & WNV Chapter Establishes Endowment at San José State University

Supporting the ACI SJSU Student Chapter

La traducción de este artículo correspondió al Capítulo Costa Rica



Traducción:
**Est. Sebastián
Agüero Ricatti**



Revisión Técnica:
**Ing. Minor Murillo
Chacón**

Semblanza del nuevo presidente del ACI: Scott Anderson

Scott M. Anderson, FACI, inició su mandato como 103° Presidente del ACI al concluir la Convención de Concreto del ACI de Primavera 2026, celebrada en Rosemont/Chicago, IL, EUA. Anderson es Vicepresidente y Gerente General de Keystone Structural Concrete en Houston, TX, EUA, donde ha supervisado la construcción de concreto en altura desde 1999. Ha trabajado en la industria de la construcción durante más de 35 años, con enfoque en estructuras de concreto y complejos proyectos especiales.

Educación y Carrera Temprana

Criado en las afueras de la ciudad de Nueva York, NY, EUA, Anderson desarrolló desde temprana edad gran curiosidad por la infraestructura, edificios, carreteras y puentes, y comenzó a hacerse preguntas: ¿Por qué concreto? ¿Y cómo duran tanto estas estructuras? De joven, trabajó para una pequeña empresa constructora, experiencia que reforzó su interés en el entorno construido y que finalmente lo llevó a estudiar ingeniería civil.

Anderson obtuvo su Licenciatura en Ciencias en ingeniería civil por la University at Buffalo, Buffalo, NY, y su maestría por la University of Texas en Austin (UT), Austin, TX. Mientras estuvo en UT, trabajó en el Laboratorio de Ingeniería Estructural Phil Ferguson bajo la tutoría del Miembro Honorario del ACI Ramón Carrasquillo, quien lo introdujo al ACI y desempeñó un papel formativo en su desarrollo profesional.



Fig. 1: Anderson presentando en la Conferencia de Concreto ACI 2025 Del Gris al Verde en Dubái, Emiratos Árabes Unidos.

“En UT, el Dr. Carrasquillo se aseguró de que sus estudiantes de posgrado entendieran no solo la teoría, sino cómo la investigación del concreto se conecta con la aplicación en el mundo real y con la industria en general. Nos expuso tempranamente al ACI y a líderes de toda la comunidad del concreto.”, señaló Anderson.

Tras graduarse, Anderson se alejó por un tiempo de la industria del concreto y trabajó para Shell Offshore Inc., subsidiaria de Shell Oil Company, Inc., donde pasó 5 años diseñando y construyendo estructuras marítimas para instalaciones de petróleo y gas. Si bien los desafíos técnicos eran considerables, reconoció que una estructura corporativa tradicional no se alineaba con su espíritu emprendedor.

Luego se incorporó a Schnabel Foundation Company en Houston, especializada en el diseño y construcción de sistemas temporales de retención de tierra y soporte de excavación. Anderson diseñó y construyó sistemas de soporte para excavaciones profundas en Schnabel durante 5 años, hasta que un vecino conocido lo presentó con una pequeña empresa contratista de concreto fundada por la familia Stewart: Keystone Concrete. Lo que comenzó como un encuentro fortuito se convirtió en la oportunidad de un hogar profesional a largo plazo.

“Veintiocho años después, sigo en Keystone. Es una empresa familiar con personas generosas que me han dado la libertad de crecer profesionalmente.”
— Anderson.



El proyecto de la Torre del Centenario del Sistema Hospitales Metodista en el Centro Médico de Texas en Houston, requirió de una viga de transferencia de concreto en voladizo de esquina de 14 m.

Keystone Structural Concrete

Anderson sigue siendo un líder clave en Keystone Structural Concrete, una división de lo que hoy es el Stewart Holdings Group. Desde que se incorporó a la empresa en 1999, ha desempeñado un papel fundamental en su crecimiento y liderazgo técnico. Lo que ahora es el Stewart Holdings Group fue fundado en 1992 como Keystone Concrete Placement por Don Stewart y sus hijos. En las últimas tres décadas, la empresa se ha expandido hasta convertirse en una organización de construcción diversificada con operaciones en todo Texas, que presta servicios que incluyen concreto, servicios públicos en las obras, paisajismo, contratación general y desarrollo inmobiliario.

Como socio en Keystone, Anderson dirige la división de concreto estructural de la empresa en Houston y supervisa la ejecución de proyectos de gran escala y alta demanda técnica. Su experiencia incluye torres residenciales y de oficinas de gran altura, grandes instalaciones de atención médica, estructuras institucionales, estacionamientos y otras estructuras de concreto. Su trabajo incorpora con frecuencia requisitos de constructabilidad exigentes, como colocaciones de concreto masivo, cimbras de difícil ejecución y otros desafíos técnicos asociados con grandes estructuras de concreto.

Un proyecto emblemático reciente concluido bajo el liderazgo de Anderson es la Torre del Centenario del Sistema Hospitales Metodista en el Centro Médico de Texas en Houston, uno de los complejos médicos más grandes del mundo.

“Este proyecto implicó una torre hospitalaria de 30 pisos en un entorno céntrico congestionado, con una viga de transferencia de concreto en voladizo de esquina de 14 m (45 ft). La viga soporta 20 pisos de estructura por encima y tres pisos colgantes por debajo. Un requisito adicional era que el terreno bajo el voladizo permaneciera continuamente accesible para reparaciones de servicios subterráneos, lo que hizo imposibles los métodos convencionales de apuntalamiento. La solución fue diseñar y fabricar una armadura triangular de acero estructural personalizada para soportar la esquina, dejando el área abierta para el acceso. La armadura temporal soportó el peso de la viga hasta que esta pudo sostenerse por sí sola tras el curado del concreto. Estos son los tipos de desafíos complejos, impulsados por la constructabilidad, que hacen que este trabajo sea especialmente gratificante.” — Anderson.

Trayectoria con el ACI y la Industria del Concreto

Más allá de su trabajo en Keystone, Anderson ha realizado contribuciones significativas a la industria del concreto a través de su larga trayectoria con el ACI. Aunque su trabajo inicial post-graduación se centró en la construcción con acero, se reconectó con el ACI tras incorporarse a Keystone a principios de los años 2000. Se convirtió en miembro activo del Comité de Enlace de Construcción del ACI (CLC) y del Comité E703 del ACI, Prácticas de Construcción con Concreto, donde adquirió una mayor apreciación por el valor de la participación en la industria.



El expresidente del ACI William Rushing entregando a Anderson el reconocimiento como Fellow del ACI.

CONCRETE CONSTRUCTION

An Official Magazine of
World of Concrete

The Year's Most Influential People

Four leaders who are moving the industry forward pg. 16

Past American Society of Concrete Contractors President Scott Anderson and three others lead by serving.

Contraction joints: necessary evil pg. 31

Vote for your favorite product by Feb. 7 pg. 70



Concrete Construction nombró a Anderson uno de las "Personajes Más Influyentes en la Construcción con Concreto" en 2018.

Anderson también se desempeñó como Presidente del Comité Asesor Financiero del ACI, y como miembro del Comité 134 del ACI, Constructabilidad del Concreto, y del Comité Conjunto ACI-ASCC 117, Tolerancias. Fue nombrado Fellow del Instituto en 2015 y sirvió en la Junta de Dirección del ACI de 2020 a 2023.

Además, participa activamente en la American Society of Concrete Contractors (ASCC), donde ha contribuido desde principios de los años 2000. Ha sido miembro de la Junta de Directores de la ASCC desde 2007 y se desempeñó como Presidente de la ASCC de 2015 a 2017. Continúa activo y actualmente se desempeña como Presidente de la Fundación de Educación, Investigación y Desarrollo de la ASCC.

Anderson es un defensor de la excelencia en la industria, y sus contribuciones a la misma han sido ampliamente reconocidas. La revista Concrete Construction lo nombró uno de los "Personajes Más Influyentes en la Construcción con Concreto" en 2018, y ha sido incluido en la Academia de Exalumnos Distinguidos del Departamento Maseeh de Ingeniería Civil, Arquitectónica y Ambiental de la University of Texas en Austin.

Vida Personal

Anderson es un esposo dedicado por 36 años a su familia y padre de dos hijas. También es abuelo de cuatro nietos y dedica la mayor parte de su tiempo libre a disfrutar con su familia.

Es un ávido pescador de mosca, deportista y golfista. Sus experiencias de pesca con mosca abarcan una amplia gama de destinos, incluyendo Alaska, Montana, Colorado, Wyoming, la Costa del Golfo de Texas, los Everglades de Florida, México, Belice, las Bahamas y la región de la Patagonia en Argentina. También caza faisanes y urogallos en Dakota del Sur y Maine.

El golf ha sido otro vínculo familiar desde hace mucho tiempo. Las hijas de Anderson son golfistas destacadas, y a lo largo de los años ha jugado con ellas en todo el país en muchos campos de resorts reconocidos mientras crecían.

"Mi familia es la razón por la que puedo trabajar arduamente en lo profesional y disfrutar de la vida en lo personal. Ellos mantienen mi vida centrada, y estoy agradecido por su amor y apoyo."

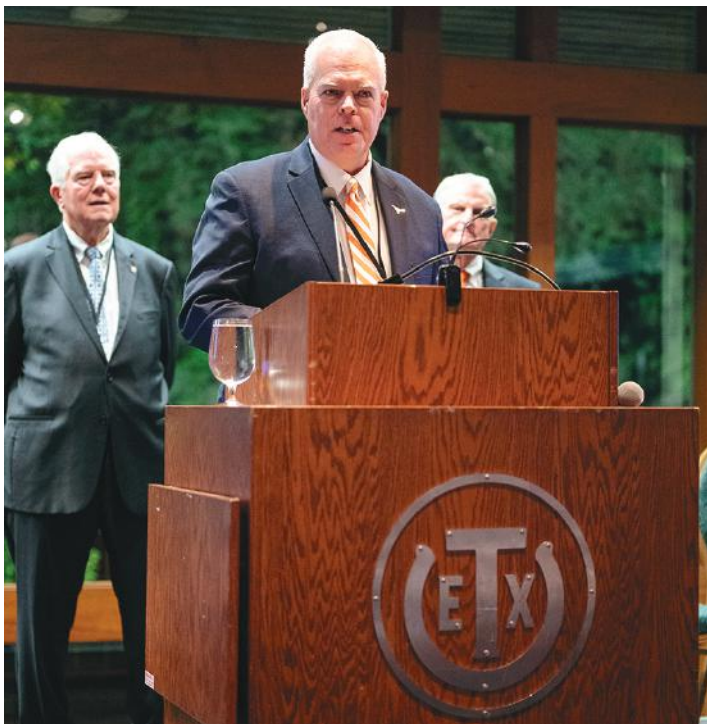
— Anderson.



Anderson y Carrasquillo en un partido de fútbol americano de la UT.



Anderson es un ávido pescador de mosca, lo que lo ha llevado a numerosos destinos alrededor del mundo.



Anderson hablando en su inducción a la Academia de Exalumnos Distinguidos del Departamento Maseeh de Ingeniería Civil, Arquitectónica y Ambiental de la University of Texas en Austin.

Título original en inglés:
ACI President Spotlight:
Scott Anderson

La traducción de este artículo
correspondió al Capítulo México
Noroeste



Traducción y
Revisión Técnica:
**Dr. José Manuel
Gutiérrez Moreno**

Objetivos Presidenciales

Anderson subrayó un enfoque pragmático y concentrado para su presidencia. Como Segundo Vicepresidente del ACI, presidió el grupo de trabajo responsable de desarrollar el actual Plan Estratégico del ACI, que ahora sirve como base de sus objetivos como Presidente.

“El Plan Estratégico es nuestra brújula. Define nuestra cultura, afina nuestras prioridades y ayuda a garantizar que nos mantengamos alineados como organización.” — Anderson.

Durante su mandato, Anderson se enfocará en tres prioridades: constructabilidad y practicidad, resiliencia, y personas.

“Gracias por elegirme para servir como 103° Presidente del ACI. Confío en que el ACI continuará liderando en el avance del conocimiento y la práctica del concreto en todo el mundo, y espero contribuir a esa visión.” — Anderson.

Si tiene preguntas, envíe un correo electrónico a **askthepresident@concrete.org**

Restauración de la Vida en Líneas Costeras con Concreto Prefabricado

El concreto como herramienta para revivir ecosistemas costeros.

Por Deborah R. Huso

Con casi tres cuartas partes de la población mundial viviendo a menos de 50 km (31 millas) del mar, no sorprende que solo el 15% de las áreas costeras del planeta permanezcan ecológicamente intactas, según el Foro Económico Mundial.¹ Hasta la fecha, se ha perdido entre el 30 y el 50% de los arrecifes de coral del mundo, y se estima que el 90% de los arrecifes de ostras del mundo ha desaparecido.^{2,3}

Los arrecifes brindan muchos servicios ecosistémicos, como hábitats para peces, barreras costeras que ayudan a disipar la energía de las olas y hogares para ostras filtradoras que mejoran la calidad del agua. En esencia, los arrecifes son líneas de costa vivas.

Durante las últimas décadas, los ambientalistas de todo el mundo han incorporado el concreto prefabricado en la construcción de arrecifes diseñados específicamente para las líneas de costa vivas, restaurando hábitats para la vida marina y protegiendo costas frágiles de la devastación causada por tormentas.



Fig. 1: Las bolas de arrecife de concreto prefabricado de la Reef Ball Foundation vienen en diversas formas y tamaños, pero la mayoría tienen forma de domo, con orificios o ranuras que permiten el paso del agua y de la vida marina a través de ellas (fotografía cortesía de la Reef Ball Foundation).

Según Todd Barber, presidente de la Reef Ball Foundation en Athens, GA, EE. UU., los japoneses fueron los primeros en emplear concreto prefabricado en proyectos de restauración de arrecifes en la década de 1980. Pero fue la Reef Ball Foundation, fundada en 1993, la que ideó por primera vez una estrategia para usar concreto prefabricado de manera que imitara los arrecifes naturales en mayor medida.

“Comenzamos con una fórmula original de concreto que establecía una química superficial optimizada y protocolos de curado para reducir la alcalinidad superficial y acelerar la compatibilidad biológica”, explicó Barber. “Fue entonces cuando nos dimos cuenta por primera vez de que el coral puede asentarse y crecer sobre este material. Pero luego entendimos que el concreto no es solo concreto”.

Explorando el concreto para la restauración de arrecifes

Hoy en día, la fundación establece estándares globales en el diseño de arrecifes construidos específicamente, ofreciendo supervisión de ingeniería, desarrollo de sistemas de optimización de mezclas y servicios de diseño hidrodinámico y de desempeño ecológico, supervisando con frecuencia estrategias de despliegue para la restauración de arrecifes en todo el mundo.

“Nuestro diseño de mezcla de concreto se basa en lo que está disponible localmente y en cuáles son las necesidades”, explicó Barber. “A las ostras les puede gustar algo diferente de lo que les gusta al coral duro. Ajustamos nuestros sistemas para satisfacer las necesidades de cada proyecto. No existe una receta única para todo. Puede haber restricciones constructivas, biológicas y regulatorias, o incluso de movilidad, dependiendo de dónde se trabaje. Es un proceso para llegar a la solución óptima de concreto”.

Las bolas de arrecife de la fundación vienen en distintas formas y tamaños, pero la mayoría son de forma abovedada, con orificios o ranuras para permitir el paso del agua y de la vida marina (Fig. 1). Organizaciones de conservación, instituciones de investigación y organismos gubernamentales de todo el mundo las utilizan para restaurar arrecifes en zonas costeras, desde líneas de costa hasta lagunas.

La Reef Ball Foundation trabaja en todo tipo de restauración de arrecifes, no solo de coral.

“Definimos los arrecifes como cualquier lugar donde la vida marina se está adhiriendo a un sustrato”, señaló Barber. “Estamos perdiendo muchísimo en lo que respecta a los arrecifes de coral. En nuestra vida hemos perdido el 40% de los arrecifes que existían. La Reef Ball Foundation ha repuesto la mitad del 1% de eso”.

Considerando estas cifras, la restauración puede parecer desalentadora; sin embargo, hasta la fecha, la Reef Ball Foundation ha sido fundamental en la realización de más de 20,000 proyectos en 88 países y tiene 2 millones de módulos en el agua (Fig. 2).

Entre esos proyectos hay numerosos trabajos con la Chesapeake Bay Foundation (CBF), con sedes en Maryland y Virginia, EE. UU., donde los arrecifes de ostras brindan un apoyo ecosistémico crítico como hábitat para peces juveniles, camarones y cangrejos, además de proteger a las poblaciones costeras durante huracanes y otros fenómenos meteorológicos severos. La CBF comenzó a explorar la restauración de pesquerías a fines de la década de 1990. En colaboración con el estado de Maryland y la Commonwealth of Virginia, la fundación ha trabajado para construir arrecifes de ostras a gran escala, que están vedados para la pesca, con el fin de filtrar el agua.



Fig. 3: Bola de arrecife colonizada en el río Lafayette, en Virginia, EE.UU. como parte de los trabajos de restauración de arrecifes de la Chesapeake Bay Foundation (fotografía cortesía de la Chesapeake Bay Foundation).

La Bahía de Chesapeake, al igual que el puerto de Nueva York (hogar del Billion Oyster Project), ha sufrido una reducción drástica de arrecifes de ostras por la extracción y el consumo humanos, no por el cambio climático. “A los arrecifes les cuesta adaptarse al cambio, y los humanos introducen mucho cambio en el entorno”, dijo Barber.

“No vamos a poder seguir el ritmo de la destrucción”, dijo Larry Beggs, presidente de Reef Innovations Inc. en St. Cloud, FL, EE. UU., una de las muchas empresas que fabrican moldes para arrecifes prefabricados. “Todo lo que hacemos para reponer ayuda. En ciertas áreas, la recuperación ya es notable”. Por ejemplo, el Billion Oyster Project ha devuelto las ballenas al puerto de Nueva York. Otro lugar con una recuperación notable es la Bahía de Chesapeake.

Hasta la fecha, organizaciones como la CBF han restaurado alrededor de 8.1 mil millones de ostras en la bahía, según la Chesapeake Oyster Alliance. Los sitios de restauración en la Bahía de Chesapeake se cuentan por cientos (Fig. 3). Algunos tienen solo 0.2 ha (0.5 acres), mientras que otros son tan grandes como 32 hectáreas (80 acres). Según Jackie Shannon, gerente de Restauración de Ostras de Virginia de la CBF, la fundación ha restaurado aproximadamente 1,000 hectáreas (2,500 acres) de arrecifes solo en Virginia.



Fig. 2: La Reef Ball Foundation colabora en proyectos de restauración de arrecifes en todo el mundo, incluido este proyecto en Antigua y Barbuda (fotografía cortesía de la Reef Ball Foundation).



Fig. 4: Las bolas de arrecife prefabricadas pueden proporcionar rápidamente un hábitat tridimensional (3D), ya sea para corales, ostras, cangrejos o invertebrados (fotografía cortesía de la Reef Ball Foundation).

¿Por qué concreto prefabricado?

La Chesapeake Bay Foundation comenzó a restaurar arrecifes utilizando bolas de arrecife de concreto prefabricado en 2010. Shannon señaló que estas bolas satisfacían la necesidad de lograr rápidamente un hábitat tridimensional (3-D) (Fig. 4): “Son una estructura excelente para que se adhieran las ostras, así como los cangrejos y los invertebrados”. Como son relativamente sencillas de instalar, las bolas de arrecife brindan la oportunidad de que voluntarios participen en la restauración de arrecifes (Fig. 5).

El concreto prefabricado ofrece ventajas claras para la restauración de arrecifes, ya que proporciona uniformidad y resistencia, además de flexibilidad en los componentes de la mezcla. Se pueden usar piedras de diferentes tamaños y aditivos, lo que permite un diseño personalizado para hábitats y clientes específicos. Además, el peso del elemento ofrece una ventaja, ya que logra que los elementos se mantengan fijos en su lugar. No se desplazan fácilmente por las olas ni por las marejadas ciclónicas. Al mismo tiempo, el concreto prefabricado ofrece una gran flexibilidad de diseño.

Los proyectos de la Reef Ball Foundation incluyen no solo la restauración de arrecifes de ostras, sino también sistemas de propagación y plantación de coral, restauración de estuarios, restauración de manglares y proyectos de control de erosión de playas. Kathy Kirbo, directora ejecutiva fundadora, dijo que las bolas prefabricadas son especialmente útiles en la restauración de arrecifes de coral porque imitan los bloques de piedra caliza a los que se adhieren los organismos (Fig. 6).

“En los viejos tiempos de la creación de arrecifes diseñados específicamente, la gente arrojaba basura, llantas, barcos y autos”, explicó Kirbo. “Pero todo eso se desplaza bajo el agua y además tiene toxinas”, y añadió que el concreto prefabricado ofrece una opción mucho más amigable con el medio ambiente y más estable para la restauración de arrecifes.

“El concreto, cuando se diseña y se cura adecuadamente, ofrece la mejor combinación de densidad, durabilidad, disponibilidad y compatibilidad ecológica”, dijo Barber. “Es asequible. Se puede fabricar de forma económica y en cualquier parte del mundo, en zonas de baja y alta tecnología. El concreto cumple con eso. Además, puedes elegir dónde quieres construirlo”.

¿Cómo funciona en sitio?

La Reef Ball Foundation, en colaboración con Reef Innovations Inc., cuenta con diversos moldes que envía a los sitios de restauración de arrecifes (Fig. 7). La fundación también suministra humo de sílice, el aditivo reductor de agua de alto rango ADVA® Flow y microfibras a productores locales. Un prefabricador local, que trabaja como proveedor autorizado de Reef Ball, fabrica las bolas de arrecife y las cura durante 24 horas.

En el caso de la Chesapeake Bay Foundation, la Reef Ball Foundation proporcionó los moldes, y un contratista local fabricó las bolas de arrecife. Luego, el personal y los voluntarios de la CBF colocaron las bolas de arrecife prefabricadas en tanques de fraguado de 3,200 L (850 gal.), donde se curan durante unos 30 días, según Shannon. Después, los voluntarios colocan larvas de ostras en los tanques para “pre-poblar” las estructuras de concreto antes de llevarlas al sitio del arrecife.



Fig. 5: Voluntarios de la Chesapeake Bay Foundation (CBF) colocando bolas de arrecife en el río Lafayette, en Norfolk, Virginia, EE. UU. (fotografía cortesía de la Chesapeake Bay Foundation).

El equipo de la CBF en Virginia trabaja principalmente en espacios intermareales cercanos a la costa, donde los arrecifes quedan expuestos con la marea baja. Por ello, usan la bola de arrecife prefabricada más pequeña de la Reef Ball Foundation. Conocida como Oyster Ball, mide aproximadamente 460 mm (18 in.) de ancho en la base y 300 mm (12 in.) de alto. Con un peso de alrededor de 27 kg (60 lb), puede colocarse manualmente. También utilizan en ocasiones un modelo de mayor tamaño conocido como Lo-Pro, que mide 610 mm (24 in.) de ancho en la base y 460 mm de alto. El Lo-Pro pesa aproximadamente 54 kg (119 lb).

En Maryland, donde la CBF realiza mucha restauración de arrecifes en aguas profundas, emplean la Bay Ball, una bola de arrecife de 136 kg (300 lb). La Bay Ball tiene una anchura de base de 910 mm (aproximadamente 3 ft), por lo que se minimiza el riesgo de movimiento durante la acción significativa de las olas. Para estas instalaciones, la CBF contrata a un operador de grúa que puede colocar tres bolas de arrecife al mismo tiempo.

No existe un proyecto típico de restauración de arrecifes. Según Beggs, la CBF puede suministrar un producto y enviarlo en un camión, o puede encargarse de todo, de principio a fin. Cuando Reef Innovations Inc. gestiona un proyecto completo, desde fabricar los moldes hasta colocar los arrecifes artificiales prefabricados, la empresa debe evaluar el sitio del arrecife. Beggs dice que administrar un proyecto de principio a fin requiere mucha coordinación, y que depende del cliente y del sitio: “¿Cuentan con equipo pesado? No vamos a hacer bolas de arrecife de 454 kg (1,000 lb) si no lo tienen. ¿Tienen concreto localmente? Si no, lo enviamos. Luego les enseñamos cómo fabricarlo y ponerlo en el agua”.

Beggs afirmó que, sin importar la situación, su equipo puede adaptarse: “Hemos descubierto que podemos hacer esto en cualquier parte del mundo. Hemos utilizado helicópteros, motos acuáticas (Jet Skis) y todo tipo de equipos para colocar las bolas de arrecife.”

Sin embargo, la logística no consiste solo en fabricar moldes, vaciar las bolas de arrecife y luego arrojarlas al agua en el sitio del arrecife. “Cada fondo es diferente”, dijo Barber. “Algunos son duros, otros blandos, algunos son someros y otros profundos. El 80% no requieren anclajes y las bolas de arrecife pueden instalarse sin ellos. Sin embargo, muchas, especialmente en líneas de costa vivas y en zonas de control de erosión, están en la zona de rompiente, por lo que tenemos que colocar anclajes para evitar que las bolas de arrecife se hundan en la arena”.

Beggs comentó que ha trabajado en zonas como rompeolas en Texas y Luisiana, donde construyen una capa base con bolas de arrecife sobre rocas porque el área es fangosa o profunda.

“El concreto en sí puede hacer una diferencia en el anclaje”, añadió Barber. “Existen agregados pesados, como para rompeolas sumergidos, y agregados normales. Si quieres que floten sobre la arena, entonces usas concreto con agregado de menor peso”. Barber señaló que distintos sustratos influyen en los patrones de reclutamiento y en el éxito del asentamiento: “La piedra caliza y los sustratos calcáreos suelen mostrar una mayor compatibilidad para los corales constructores de arrecifes”.

Reef Innovations Inc. ofrece 14 tamaños de bolas de arrecife, con pesos que van desde 170 g (6 oz) hasta 2,268 kg (5,000 lb). “De esos 14 tamaños distintos, podemos colocarles bases para darles peso, o podemos quitarles una boya para hacer ‘pasteles’ de capas de bolas de arrecife”, dijo Beggs. La bola de arrecife más grande de su empresa, para un cliente de una planta nuclear, pesó 4,536 kg (10,000 lb).

Barber señaló que no se puede simplemente dejar caer una bola de arrecife al agua: “Poner estas cosas en el agua implica una enorme responsabilidad. Hay que pasar por un proceso de permisos y, con frecuencia, trabajar con ingenieros, diseñadores y gestores de riesgos”.

Mejorando la infraestructura marina para la biodiversidad

El concreto prefabricado apoya la restauración de arrecifes mediante enfoques basados en sistemas, como los que ofrece la Reef Ball Foundation. El concreto prefabricado también se utiliza para proporcionar una infraestructura marina más ecológica. Hace más de una década, Ido Sella, cofundador y director ejecutivo de EConcrete, comenzó a estudiar el impacto de la infraestructura en el medio marino como investigador posdoctoral en la Universidad de Tel Aviv, en Tel Aviv, Israel, junto con su difunta socia empresarial Shimrit Perkol-Finkel.

“El 70% de la infraestructura costera está construida con concreto”, señaló, aunque algunas estructuras de concreto no funcionan tan bien cuando los organismos vivos se adhieren a ellas. Por ello, Sella y Perkol-Finkel decidieron tratar de identificar las barreras que afectan negativamente al concreto. “Algunas especies prosperan sobre el concreto, y otras no”.

A principios de la década de 2010, ambos comenzaron a colaborar con la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA por sus siglas en inglés) para realizar experimentos a lo largo de la costa este de Estados Unidos, desde Key West hasta el río Hudson.

Posteriormente publicaron su investigación sobre la importancia de la composición química del concreto y la complejidad de su área superficial. “Se requiere ajustar la viscosidad superficial”, explicó Sella.

Desde la fundación de EConcrete en 2012, su tecnología de concreto bioenriquecido ha ayudado a optimizar la química del concreto, las propiedades superficiales y el diseño de la infraestructura para crear un hábitat valioso para un ecosistema marino diverso, al mismo tiempo que cumple con el uso principal de la infraestructura.

EConcrete se enfoca en construir infraestructura ecológica que apoye la biodiversidad, como pilotes de muelle, espigones y rompeolas, así como protección para cables submarinos.

La empresa ayudó a modificar el aditivo para los muros de contención de concreto en South Battery, en Manhattan, para aumentar la biodiversidad y proporcionar hábitat para ostras. También ha modificado rompeolas para Staten Island, en Nueva York. “Una vez que modificas la infraestructura, afectas de inmediato a otros organismos de la zona”, dijo Sella. “Verás más peces y luego más depredadores”. Señaló que el proyecto de rompeolas vivo en Staten Island ha comenzado a atraer focas debido a las fuentes de alimento ahora más ricas allí.

EConcrete se utilizó para cubrir un cable de energía entre dos islas Canarias de España. “El contratista creó una zanja con un cable y luego utilizó nuestro sistema para cubrirlo. Veinte meses después de la instalación, el cable ya no es visible debido a la biodiversidad sobre la cubierta, que es similar a la de los arrecifes cercanos”.

La empresa también ha ayudado a desarrollar colchones de concreto marino para proteger cables submarinos para parques eólicos de Estados Unidos frente a Long Island y Massachusetts, y para proteger un gasoducto que conecta Albania e Italia.

EConcrete también proporcionó el aditivo para el canal de navegación de concreto prefabricado en el puerto de San Diego. Incluye 74 unidades de blindaje prefabricadas de una sola capa, interconectadas, conocidas como COASTALOCK, que proporcionan una protección de borde ambientalmente sensible. El monitoreo 26 meses después de la instalación mostró una “biomasa significativamente mayor en las unidades EConcrete en comparación con las rocas de control, tanto para la acumulación de materia orgánica como inorgánica”.

“Ahora están viendo especies a lo largo del malecón urbano que nunca antes se habían visto allí”, señaló Sella, incluyendo diversas especies de algas, moluscos y crustáceos, no solo los percebes y ostras observados en la escollera de control.

ECONcrete desarrolla el tipo de concreto que atrae y sostiene organismos marinos vivos. “Los percebes están conectados al sustrato”, explicó, “pero cuando liberan larvas al agua, esas larvas deciden después si se conectan o no a un sustrato. Tienen un mecanismo sensorial: queremos que reciban las señales correctas del sustrato”, en este caso, el concreto.

“Cuando probamos[un sustrato en el laboratorio, el concreto que tratamos tiene más larvas creciendo sobre él que el concreto estándar... y además más diversidad”, añadió Sella. “Para aumentar las posibilidades de crecimiento, los organismos requieren de nichos de microorganismos en la superficie de tal forma que no se vean afectadas con el crecimiento de algas o depósitos de sedimentos” ECONcrete crea pequeños espacios en la infraestructura de concreto que sostiene la colonización de organismos y biodiversidad en las estructuras marinas sumergidas.



Uso de la tecnología de concreto bioenriquecido de ECONcrete en revestimientos costeros del Puerto de Bilbao (izquierda) y en un revestimiento para el proyecto Living Ports del Puerto de Vigo (derecha), ambos en España (fotografías cortesía de María Moltesen).



Fig. 6: Las bolas prefabricadas son especialmente útiles en la restauración de arrecifes de coral, ya que imitan los bloques de piedra caliza a los que se adhieren los organismos marinos (fotografía cortesía de la Reef Ball Foundation).



Fig. 7: La Reef Ball Foundation ha desarrollado un diseño de mezcla estándar adecuado para fabricar módulos de arrecife artificial en moldes complejos, con un pH mínimo, y para favorecer el asentamiento y crecimiento de especies marinas típicas, como los corales duros (fotografía cortesía de la Chesapeake Bay Foundation)

Por qué funciona

Barber dijo que hay más consideraciones que el tamaño y el peso cuando se trata de usar concreto prefabricado en la restauración de arrecifes. “No puede haber nada tóxico en la mezcla”, explicó, “y no queremos nada biológicamente activo, así que no podemos usar barras de refuerzo de hierro”. Cuando un cliente acude a la Reef Ball Foundation en busca de ayuda, Barber explicó que el equipo debe considerar primero los requisitos de ingeniería y luego hacer pruebas con bolas pequeñas y un acuario modelo para el tipo de proyecto que les han asignado.

“Siempre tomamos lo mejor de lo mejor de lo que funciona en nuestros proyectos”, dijo Barber.

“Después de las pruebas de calidad, lo probamos en campo”. Señaló que, en promedio, transcurre aproximadamente un año desde la idea del proyecto hasta que un arrecife diseñado específicamente se instala. “A veces incluso puede tardar décadas si es un proyecto muy ingenierizado”, añadió. “Es un ciclo de venta muy largo. Lo que hacemos tiene consecuencias; el océano es un recurso público”.

Beggs dijo que inició su empresa porque, como antiguo maestro de buceo de un club de buceo que quería restaurar un arrecife frente a Cape Canaveral, no pudo encontrar nada adecuado con qué construirlo. “Pero ahora una persona promedio puede construir un arrecife”, dijo. “No hay que hundir un barco. La Reef Ball Foundation cambió eso en todo el mundo y lo hizo posible para cualquiera”.

Kirbo dijo que la gama de aplicaciones de la fundación para las bolas de arrecife creció a partir de la experiencia de trabajar en proyectos en todo el mundo: “Al principio solo restaurábamos arrecifes de coral, pero la gente venía con problemas, y la innovación ocurrió porque los clientes tenían una necesidad”.

“Solo estamos imitando el diseño de la madre naturaleza a mayor escala”, explicó Shannon. “Cuando hablamos de construir arrecifes de ostras, no hay suficientes conchas de ostra para hacer la restauración”. Con el concreto, los equipos de restauración de arrecifes no tienen que preocuparse tanto por la contaminación cruzada. “El concreto también es una excelente manera de reutilizar puentes y otros elementos de infraestructura si están limpios”, añadió.

El uso de concreto en la restauración de arrecifes también ha permitido a las organizaciones lograr importantes ahorros de costos. Según los datos de costo del sustrato proporcionados por la Chesapeake Bay Foundation, construir arrecifes diseñados específicamente con granito cuesta entre 24 y 42 USD por tonelada, más los costos de carga y transporte. Las conchas de ostra cuestan alrededor de 4 USD por bushel, y se necesitan unos 10,000 bushels para construir un arrecife de 1 hectárea (2 acres) de aproximadamente 300 mm de altura. Sin embargo, el concreto reciclado generalmente es gratuito, con una tarifa de transporte de 24 USD por carga. Si la CBF debe comprar concreto, cuesta alrededor de 10 a 20 USD por tonelada.⁴

Barber indicó que, esencialmente, una tonelada de peso puede distribuirse entre 10 bolas de arrecife pequeñas o entre una y tres bolas de arrecife grandes por tan solo 10 a 20 USD. “Una tonelada de prefabricado no solo es más barata, sino que genera mucha más superficie útil que el granito o las conchas”, añadió.

“Cuando hablamos de toneladas de concreto u otro agregado como el granito, que podría costar 33 USD por tonelada, ese ha sido un factor importante para poder lograr esfuerzos de restauración a gran escala”, dijo Shannon. “Los voluntarios son esenciales para nuestro programa, así que al conseguir una carga de mezcla de concreto entregada por 300 a 500 USD, podemos fabricar y colocar docenas de bolas de arrecife”.

Referencias

1. Bloom, D., “Solo el 15% de las costas del mundo permanecen en su estado natural”, World Economic Forum, 15 de febrero de 2022, www.weforum.org/stories/2022/02/ecologically-intact-coastlines-rare-study. (último acceso: 8 de mayo de 2026)
2. “Restauración de arrecifes de coral”, NOAA Fisheries, www.fisheries.noaa.gov/national/habitat-conservation/restoring-coral-reefs. (último acceso: 4 de mayo de 2026)
3. “Conservación de ostras”, Texas A&M University, Harte Research Institute, Corpus Christi, TX, www.harterresearch.org/collaboration/oyster-conservation. (último acceso: 4 de mayo de 2026)
4. <https://docs.google.com/document/d/1fiFY4gOG7nIV-cjMHrb9mZ5tQ63iomPOedit?usp=sharing&ouid=114981092738335214928&rtpof=true&sd=true>. (último acceso: 4 de mayo de 2026)

Seleccionado por los editores por el interés del lector.

Deborah R. Huso es directora creativa y socia fundadora de WWM, Farmington, NM, EE. UU. Ha escrito para diversas publicaciones especializadas y de consumo, como Ascent, U.S. News & World Report, Concrete Construction y Construction Business Owner. Ha brindado desarrollo de sitios web y estrategia de contenido para varias empresas de productos para la construcción, incluidas Cultured Stone y Trex Company, Inc.



Título original en inglés:
**TechSpotlight
Restoring Living Shorelines
with Precast Concrete**

Concrete used as a tool for reviving coastal ecosystems

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



Traducción:
**Est. Emiliano
Martínez Villalobos**



Revisión Técnica:
**Ing. Oscar
Ramírez Arvizu**

Modernización de la Construcción de Rascacielos con Sistemas Autotrepantes

Por John Washburn

En la construcción de rascacielos, los trabajos de la obra vertical marcan el ritmo especialmente el núcleo de concreto. Para muchos proyectos, una restricción importante para ese ritmo es la grúa. Los sistemas trepantes dependientes de una grúa, requieren absolutamente de izajes para reposicionar cimbras y plataformas, lo que a menudo interfiere con otras operaciones. Integrar restricciones por viento, así como los conflictos de programación, hacen que se dificulte mucho la conservación de un ciclo constante.

Los sistemas autotrepantes abordan este reto sacando la grúa de la ecuación, permitiendo así que las cuadrillas trepen según su propia programación y conserven un ritmo constante de piso a piso. Además, los avances recientes en el diseño de sistemas y control se están extendiendo para determinar dónde y cómo pueden aplicarse los sistemas autotrepantes.

Lo que define un sistema autotrepante moderno

Los sistemas autotrepantes utilizan cilindros hidráulicos anclados a la estructura para elevar cimbras y plataformas de trabajo. La generación actual de sistemas autotrepantes de Doka, se basa en esos fundamentos con operación controlada e independiente de grúas.

Estos sistemas:

- Se quedan permanentemente anclados a la estructura;
- Operan en una amplia variedad de condiciones de sitio, incluyendo mayores velocidades de viento;
- Elevan ensambles de plataforma grandes en una sola operación controlada; y
- Proporcionan entornos de trabajo estables, cerrados en las alturas.

También incorporan control digital y monitoreo, lo que mejora la precisión y la repetibilidad durante las operaciones de trepado.

Una tecnología, diferentes enfoques

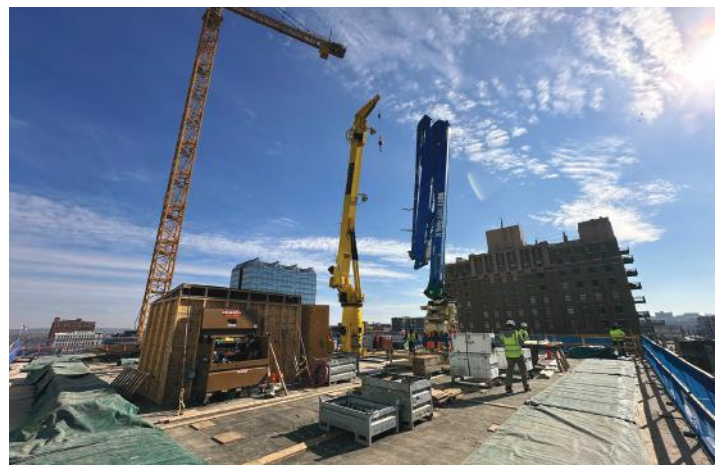
Si bien la tecnología autotrepante ha madurado, su aplicación sigue evolucionando. Los sistemas autotrepantes de Doka utilizan la misma tecnología subyacente, pero están diseñados para aplicaciones estructurales específicas. Entre ellas, los sistemas de núcleo central completo se utilizan para núcleos y ductos, mientras que los sistemas a una sola cara se utilizan para elementos verticales como muros de cortante y columnas.

Sistemas de núcleo completo

Los sistemas de núcleo completo, tales como el Super Climber SCP de Doka, están diseñados para envolver un núcleo o ducto por completo, soportando tanto la cimbra interior como la exterior desde una plataforma de trepado unificada. El Super Climber SCP utiliza un sistema basado en una estructura de pórtico para elevar el ensamble de núcleo central completo, incluyendo la cimbra, plataformas y sistemas de acceso, en una sola operación.

Es muy adecuado para:

- Núcleos de gran altura y ductos cerrados;
- Proyectos en los que es necesario mover en un solo movimiento cimbras interiores y exteriores;
- Condiciones en las que los ciclos de trepado ininterrumpidos son críticos; y
- Trepado al mismo tiempo o antes del colado de las losas.



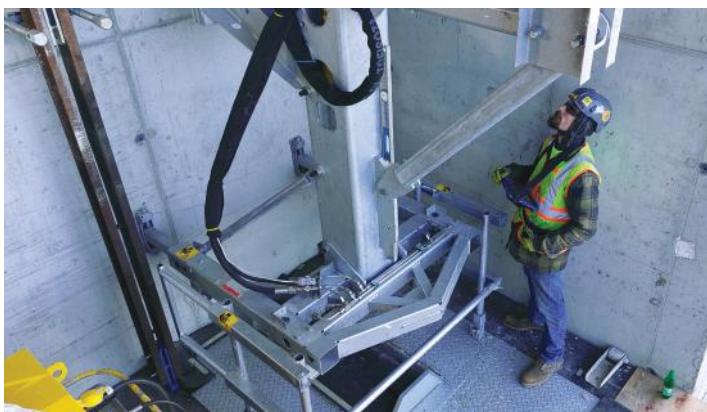
La alta capacidad de carga de la plataforma del pórtico proporciona un área grande para almacenamiento de material en la parte superior del núcleo.



Núcleos con alturas de cimbra de hasta 20 pies (6 m) pueden colarse al mismo tiempo o antes del colado de losas



Las plataformas en el sistema Super Climber modificado para muros de cortante tienen un ancho de 6 pies (1.8 m)



Se utiliza un solo control para elevar toda la cimbra del núcleo interior y exterior, todas las plataformas a nivel de la obra y una pluma de colocación con tan sólo presionar un botón

El hecho de que todo se mueva como un solo sistema optimiza la repetibilidad y la eficiencia en grandes estructuras verticales.

Sistemas a una sola cara

La tecnología autotrepante no se limita a la construcción de núcleos. Shear Wall Climber SCP de Doka aplica los mismos principios de trepado en una configuración basada en ménsulas para aplicaciones de una sola cara. El sistema está diseñado para construcción de rascacielos, por lo que soporta alturas de cimbra de hasta 20 pies (6 m). Utiliza un mecanismo de trepado hidráulico que permite un rápido reposicionamiento de plataformas y cimbras sin necesidad de elevación con grúa.

Por lo general incluye:

- Muros de cortante y muros perimetrales;
- Silos y ductos; y
- Columnas y otros elementos verticales.

El Shear Wall Climber con FormDrive de Doka es un panel móvil de dirección y control que permite elevar y ajustar niveles completos de cimbras, plataformas de trabajo y equipo para colocación de concreto, con tan sólo presionar un botón.

Avance en el desempeño de trepado mediante control digital

Un avance importante en sistemas autotrepantes es el control digital de operaciones de trepado. Los sistemas anteriores requerían control hidráulico manual y era necesario que los operadores manejaran los sistemas de válvulas para coordinar el movimiento del cilindro y conservar la alineación durante la fase de trepado. Las cuadrillas tenían que monitorear continuamente y ajustar flujos para garantizar que las fuerzas de elevación estuvieran equilibradas en todos los puntos de trepado.

Los sistemas más recientes han reemplazado este proceso manual por control sincronizado manejado de forma digital. El sistema FormDrive de Doka integra operación hidráulica con una interfaz de control centralizado, que permite operar múltiples cilindros de trepado como un sistema coordinado en lugar de puntos de elevación individuales. Los parámetros del sistema, tales como presión y carrera se monitorean en tiempo real, de manera que el sistema conserva la

alineación automáticamente y evita el atascamiento durante el trepado.

El Shear Wall Climber SCP con FormDrive permite que la operación de trepado se realice como una secuencia controlada, con elevación sincronizada en todo el sistema y retroalimentación continua sobre el desempeño del mismo.

Este nivel de control reduce la dependencia de las acciones del operador durante el trepado y mejora la repetibilidad de un ciclo al siguiente. También proporciona mayor visibilidad del comportamiento del sistema, permitiéndoles a las cuadrillas identificar y responder a los problemas con mayor rapidez. La solución de problemas, el monitoreo y acceso remoto integrado ayudan a mantener la programación del contratista además de las actualizaciones inalámbricas al sistema. El resultado no es únicamente mejora en la eficiencia, sino un proceso de trepado consistente y predecible, en particular en proyectos en los que es de suma importancia conservar la confiabilidad del ciclo.

Elevando la barra en Fan Pier

Un proyecto reciente de un edificio alto en Boston, MA, EE. UU., ilustra la forma en que los avances en sistemas autotrepantes se traducen en desempeño para el mundo real. En el último proyecto en el área de desarrollo planeado de Fan Pier, el rascacielos incluirá 122 unidades residenciales de lujo, espacio cívico/cultural y un restaurante con vistas al Puerto de Boston. La construcción de la torre de 17 pisos para uso mixto sobre un sitio urbano denso, de alta visibilidad, presentó presiones habituales para las

ejecuciones seguras y rápidas, coherentes con los tiempos de los ciclos.

El contratista puso en marcha el Shear Wall Climber SCP con FormDrive de Doka. El sistema está completamente anclado a un solo muro y queda permanentemente fijo a la estructura. Esta configuración simplifica el ajuste del trepado, en tanto que proporciona un entorno de trabajo cerrado y estable, en particular adecuado para las condiciones de exposición al viento, a lo largo del malecón.

El impacto del sistema en el tiempo del ciclo fue cuantificable. Con la capacidad de colocar, trepar y restablecerse en una secuencia estrechamente controlada, las cuadrillas lograron un ciclo de 2 días por piso. La integración del trepado hidráulico con control digitalmente gestionado también fue decisiva para el éxito del proyecto. Los trepadores autonivelantes sincronizados del sistema conservaron la alineación durante las elevaciones, en tanto que una interfaz centralizada les permitió a las cuadrillas ejecutar operaciones de trepado como una secuencia coordinada en lugar de manejar los puntos de elevación individuales. Esto redujo la variabilidad entre ciclos y limitó la necesidad de ajuste manual.

Las amplias plataformas de trabajo proporcionaron acceso en la altura, en tanto que los requerimientos de anclaje optimizado y los componentes modulares simplificaron el ajuste y minimizaron la mano de obra. La capacidad para preensamblar porciones grandes del sistema también contribuyó a una instalación más rápida y un desempeño más constante durante el trepado.



Germann Instruments

The Pioneer of Innovative Nondestructive Test Systems for Concrete

ICAR PLUS

El reómetro ICAR Plus es un instrumento portátil y práctico para medir las propiedades fundamentales de flujo del concreto fresco bajo el modelo reológico de Bingham: tensión de fluencia y viscosidad plástica.



Stress Grow Test:

Realiza un ensayo controlado de crecimiento de esfuerzo a velocidad lenta constante, determinando la tensión de fluencia estática a partir del par máximo medido con alta precisión.

Flow Curve Test

Caracteriza la tensión de fluencia dinámica y la viscosidad plástica para una evaluación precisa del comportamiento reológico del material.



Contáctanos



Productos

Realizar el trepado correcto

Los sistemas autotrepantes han cambiado básicamente la forma en que se construyen las estructuras de concreto de gran altura. Los últimos desarrollos de Doka, en especial la integración de FormDrive en el Shear Wall Climber SCP, refleja un cambio más amplio hacia un mayor control, mejores normas de seguridad y operaciones de cimbras autotrepantes adaptables y gestionadas digitalmente.

Ya sea que se trate de una construcción de núcleo central completo o de aplicaciones a una sola cara, el objetivo sigue siendo el mismo: operaciones más seguras, ciclos más consistentes y una trayectoria más predecible en toda la estructura.

Seleccionado por los editores para interés del lector.

Jon Washburn es Gerente de Producto en Doka USA y cuenta con más de 15 años de experiencia práctica como carpintero sindicalizado de cimbras para concreto. Durante su carrera, ha trabajado en una amplia variedad de proyectos, desde pequeños conjuntos comerciales hasta torres de gran altura, así como, proyectos de infraestructura civil compleja, incluyendo puentes, plantas de tratamiento de aguas residuales e instalaciones nucleares.



Título original en inglés:
**Tech Spotlight
Modernizing High-Rise
Construction with Self-
Climbing Systems**

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



Traducción:
**Lic. Ana P. García
Medina.**



Revisión Técnica:
**Dr. Esteban
Astudillo de la Vega**

¡Nos vemos en este nuevo espacio! ¡Nos vemos en este nuevo espacio!

BIENVENIDO A LA AUTOPISTA DE LA INFORMACIÓN DE CONCRETO EN **www.acilatinoamerica.com**

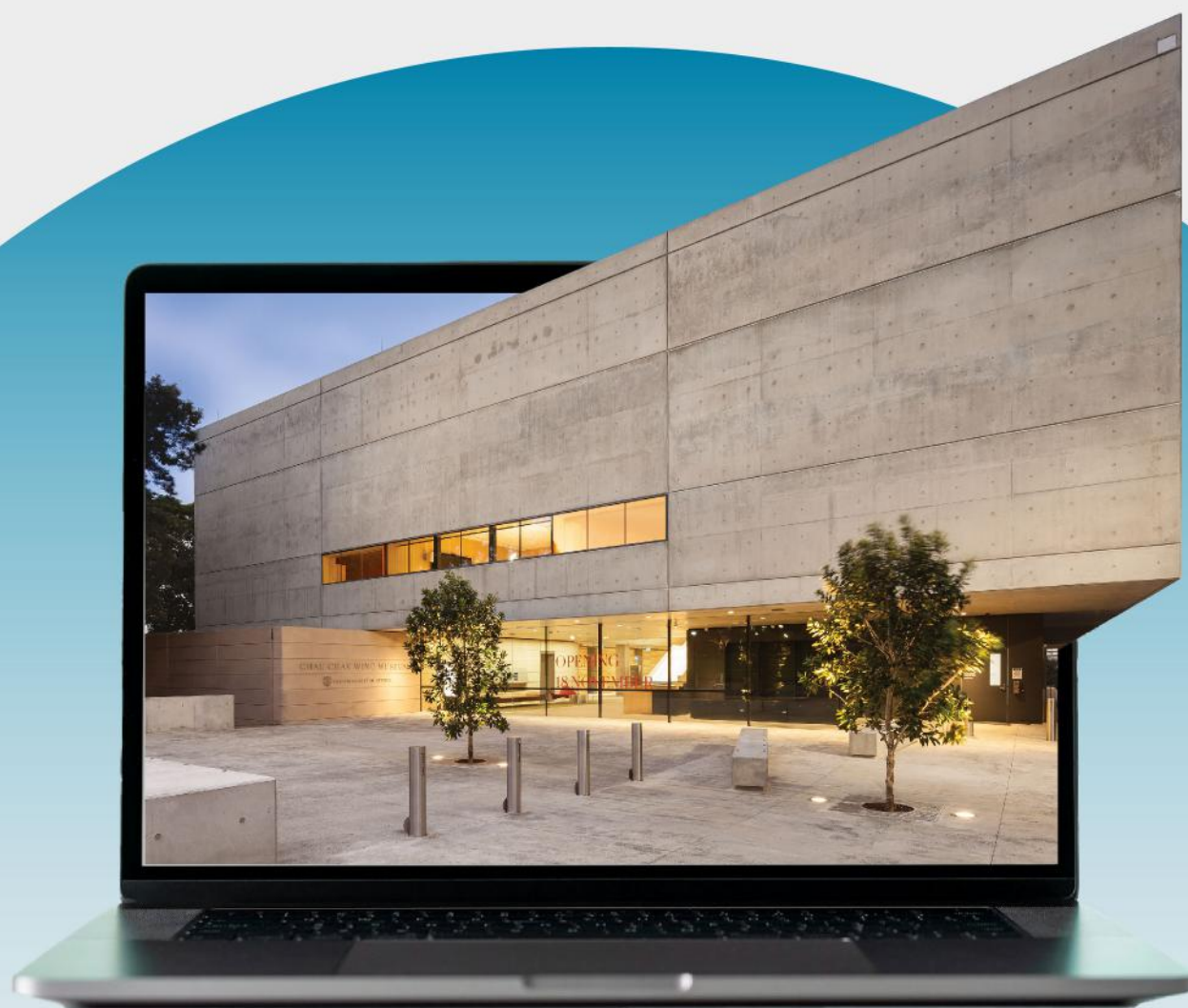
AQUÍ ENCUENTRAS...

PUBLICACIONES PASADAS

DIRECTORIO CAPÍTULOS ACI

NOTICIAS

EVENTOS



¡Nos vemos en este nuevo espacio! ¡Nos vemos en este nuevo espacio! ¡Nos vemos en este nuevo espacio!

Construcción Eficiente de Presas de Arco

Concretos y tecnologías innovadoras permiten su edificación sin juntas de contracción.

Por Chongjiang Du

Una presa de arco es una estructura de concreto o mampostería construida en un cañón, en forma de arco horizontal y/o vertical, con el lado convexo aguas arriba y apoyada contra taludes muy fuertes. Este tipo de presa se basa principalmente en la acción de arco y la resistencia de este material para transferir una parte importante de la carga hidrostática a los muros laterales, lo que permite que sea más esbelta que una presa a gravedad. Por lo tanto, las presas de arco se construyen en desfiladeros estrechos y de laderas empinadas o cañones con taludes sólidos, donde sus bordes pueden quedar firmemente anclados en los taludes rocosos. En condiciones topográficas y geológicas favorables, una presa de arco de concreto es una estructura de ingeniería precisa que requiere menos material que otros tipos de presas. Sin embargo, las presas convencionales de arco de concreto suelen requerir juntas de contracción y enfriamiento posterior, lo que hace que su construcción sea lenta y demande un arduo trabajo.

En las últimas décadas, el desarrollo de nuevos materiales y tecnologías de construcción, como el concreto con óxido de magnesio (MgO), el concreto relleno de roca (RFC por sus siglas en inglés) y el concreto compactado con rodillo CCR (RCC por sus siglas en inglés), han supuesto avances significativos en la construcción de presas de arco. Dichos avances han permitido una construcción rápida, confiable y económica de presas de arco sin juntas de contracción. Este artículo examina las características del diseño de estas presas, enfatizando en que cada material de innovación está inseparablemente ligado a su tecnología de construcción correspondiente; juntos, forman un todo integral.

Desafíos en la construcción de presas de arco de concreto convencional

Tradicionalmente, las presas de arco se construyen con concreto convencional formando bloques. Estos ayudan a gestionar los esfuerzos de tensión de origen térmico, causados por el calor de hidratación del cemento durante la construcción¹, además, esto implica la construcción de juntas de contracción transversales y/o longitudinales que ayudan a controlar la retracción y a prevenir el agrietamiento incontrolado de la presa. Se construyen protecciones al cortante en las juntas de contracción, y estas se sellan con “grout” antes del llenado inicial del embalse para que los bloques queden conectados formando una estructura monolítica, lo que permite la acción de arco requerida. Antes del sello de “grout”, la temperatura de los bloques de concreto debe reducirse para alcanzar una temperatura específica para el cierre de juntas (una temperatura estable que se aproxime a la temperatura ambiente media anual), esto se suele conseguir mediante un enfriamiento posterior, haciendo circular agua fría a través de tuberías de paredes delgadas embebidas en el concreto de la presa durante la etapa de construcción¹.

Sin embargo, la formación de las juntas, el enfriamiento del concreto y el posterior sellado son procesos laboriosos, muy costosos y que consumen mucho tiempo, además, la construcción de las protecciones al corte en las juntas de contracción requiere encofrados especializados.

Afortunadamente, se están logrando avances en el uso de materiales innovadores para concreto, que controlan eficazmente el agrietamiento en el concreto masivo, de modo que se puedan omitir las juntas de contracción en proyectos de presas de arco. A continuación, se presentan los concretos y tecnologías innovadoras, así como sus aplicaciones.

Presas de arco sin juntas de contracción utilizando concreto con MgO

El concreto con MgO, es un tipo de concreto en el que se añade MgO ligeramente calcinado como agente expansivo. Cuando el MgO reacciona con el agua, experimenta una expansión controlada y retardada. Esta expansión retardada se produce gradualmente en el tiempo, lo que le permite compensar la retracción que tiene lugar a medida que disminuye la temperatura del concreto masivo².

El efecto compensador de la retracción del concreto con MgO se descubrió en la década de 1980, durante la construcción de la presa de arco a gravedad de concreto en Baishan, en el noreste de China. Desde entonces, se han llevado a cabo intensas investigaciones y numerosos ensayos de campo. Con el tiempo, el concreto con MgO se ha aplicado con éxito en diversas estructuras hidráulicas. El conocimiento y la comprensión del material se han ampliado considerablemente, lo que ha dado lugar al desarrollo de una teoría de diseño y una metodología de construcción bien establecidas. Du³ estudió el concreto con MgO y enumeró varias aplicaciones en presas. La investigación y la práctica han demostrado que el concreto con MgO puede mejorar significativamente el rendimiento de las estructuras de concreto masivo. Debido a su creciente uso en las últimas décadas, el concreto con MgO se aplica ampliamente en presas y en otros tipos de estructuras de concreto^{4,5}.

El uso principal del MgO en el concreto consiste en compensar parcialmente la retracción provocada por el descenso de temperatura en el concreto masivo, reduciendo así los esfuerzos de tensión. El mecanismo de compensación de retracción en el concreto con MgO es doble:

- A edades tempranas, se generan esfuerzos de precompresión en las estructuras restringidas, contrarrestando parte de los esfuerzos de tensión inducidos por el enfriamiento posterior; y
- A edades más avanzadas, la expansión autógena a largo plazo contrarresta la contracción causada por el enfriamiento y la retracción, reduciendo aún más los esfuerzos de tensión.

Al reducir los esfuerzos de tensión, también se disminuye el potencial de fisuración del concreto con MgO, lo cual, a su vez, simplifica las medidas de control de temperatura³. Sin embargo, puesto que el módulo de elasticidad del concreto es relativamente bajo a edades tempranas, los esfuerzos de precompresión no resultan muy significativos, por consiguiente, la expansión autógena a largo plazo se considera la característica más importante del concreto con MgO. La Figura 1 ilustra la expansión autógena de volumen en un concreto fabricado con MgO, utilizando una dosificación del 6% de MgO, con respecto al peso del cemento.

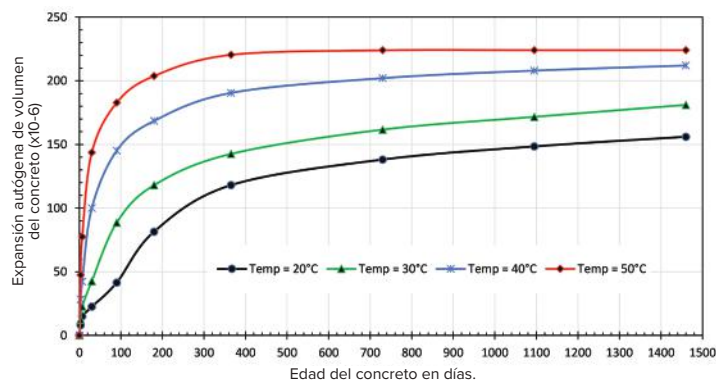


Figura 1. Expansión autógena de volumen en el concreto con MgO a diferentes temperaturas.

Cabe señalar que el efecto de compensación de la retracción solo se manifiesta cuando existen restricciones externas. En la construcción de presas, las restricciones las proporcionan la cimentación, las superficies de las juntas de elevación y los estribos. Es posible lograr una restricción longitudinal adicional (paralela al eje de la presa) mediante la colocación de concreto sin juntas transversales, lo que da lugar a una construcción continua a lo largo de toda la longitud y ancho de la presa.

La aplicación de concreto con MgO en la construcción de presas de arco sin juntas de contracción resulta particularmente ventajosa. La naturaleza estáticamente indeterminada de una presa de arco proporciona condiciones de restricción en el concreto masivo a medida que el MgO se expande. En ausencia de juntas de contracción, la restricción externa es proporcionada por los estribos y por el concreto de la cimentación subyacente, como resultado, el esfuerzo de tensión provocado por el descenso de temperatura puede compensarse mediante la expansión del aditivo de MgO, esto reduce la necesidad de medidas complejas de control de temperatura y simplifica los procesos constructivos. En consecuencia, se puede acelerar la construcción y puede reducirse los costos generales del proyecto.

La investigación y la experiencia práctica han demostrado que las presas de arco de altura media ($H \leq 70$ m [230 pies]) en regiones con clima moderado, pueden construirse sin juntas de contracción cuando se utiliza concreto con MgO. Pueden omitirse las medidas de control de temperatura rigurosas que suelen requerirse en las presas de arco de concretos convencionales, como el postenfriado y el preenfriado estricto. En presas de arco de gran altura ($H > 70$ m), seguirían siendo necesarias juntas de contracción transversales, pero su número puede reducirse significativamente; por ejemplo, se puede aumentar la longitud de los bloques o utilizar juntas inducidas.

En China se han construido con éxito varias presas de arco utilizando concreto con MgO sin juntas de contracción^{3,6}.

Entre los ejemplos más destacados se encuentran la presa de Changsha (H = 59.5 m [195 pies], terminada en 1999), la presa de Shalaohe (H = 61.2 m [201 pies], terminada en 2001) y la presa de Bamei (H = 53.5 m [176 pies], terminada en 2003). Los plazos de construcción de estas presas de arco oscilaron entre 4 y 6 meses. En algunos proyectos, solo se dispusieron juntas inducidas, lo que demuestra aún más la eficacia del concreto con MgO en la construcción de presas de arco.

Presas de arco sin juntas de contracción utilizando concreto relleno de roca

El concreto relleno de roca (RFC) se define como un concreto denso y de alta calidad, compuesto de material de relleno rocoso precolocado y concreto autocompactante de alto desempeño (HSCC). El relleno rocoso comprende cantos rodados sanos con diámetros superiores a 300 mm (12 pulg.)^{7,8}.

El concepto de presas de RFC se originó a partir de las presas de mampostería. Tradicionalmente, las presas de mampostería se construían con piedras unidas con mortero. Sin embargo, su construcción es costosa debido a la gran cantidad de mano de obra necesaria para cortar y dar forma a los bloques de mampostería. Las presas de mampostería rara vez se construyen en la moderna ingeniería de presas, debido a sus altos costos de mano de obra y su comportamiento sísmico impredecible.

Como una alternativa moderna, la presa de RFC se introdujo en 2003⁷⁻⁹. En los cauces de los ríos de montaña, abundan los cantos rodados grandes que pueden recogerse, transportarse y colocarse en el cuerpo de la presa utilizando maquinaria de construcción pesada como cargadoras de ruedas, excavadoras, bulldozers y camiones de volteo de gran tamaño.

El HSCC se coloca posteriormente en el material de relleno de roca precolocado para rellenar los huecos y unir las rocas. Se puede encontrar información detallada sobre las propiedades y los métodos de construcción del RFC en el libro de Jin y Huang y en el Boletín 190 de ICOLD^{7,8}. Las presas de RFC son adecuadas tanto para presas a gravedad como de arco. Las cimentaciones aceptables para presas de concretos convencionales también suelen ser adecuadas para presas de RFC.

El uso de maquinaria pesada para la recolección, el transporte y la colocación del material de relleno rocoso reduce significativamente los costos de mano de obra, además, el HSCC elimina la necesidad de vibración durante la colocación del concreto, simplificando así el proceso de construcción.

Por lo general, el RFC se compone de aproximadamente un 50% de material de relleno rocoso y un 50 % de HSCC⁸. Para las presas de arco de RFC, se suelen utilizar concretos de grados C₉₀15 o C₉₀20. Para producir RFC de grado C₉₀20, la mezcla de HSCC usualmente contiene de 150 a 210 kg/m³ (250 a 350 lb/yd³) de cemento, con una cantidad igual o mayor de cenizas volantes. Por lo tanto, el RFC tiene un contenido efectivo de cemento de aproximadamente 75 a 105 kg/m³ (125 a 175 lb/yd³). El aumento de temperatura adiabático del RFC generalmente oscila entre 13 y 18 °C (55 a 64 °F), lo que permite construir presas de arco sin procedimientos intensivos de control de temperatura, como el post-enfriamiento o el pre-enfriamiento considerable. También pueden omitirse las juntas de contracción transversales, comúnmente requeridas en las presas de arco de concreto convencional. Como resultado, las presas de RFC son rentables gracias al uso de cantos rodados disponibles en la naturaleza y a métodos de construcción simplificados. Los datos del proyecto muestran que el costo unitario de las presas de RFC es entre un 10 y un 30% menor que el de las presas de concretos convencionales¹⁰. Para presas pequeñas, el RFC también es competitivo con el CCR, ya que el costo unitario de este último en presas pequeñas es mayor.

A finales de 2024, se habían completado un total de 181 presas de RFC, incluidas 12 presas de arco de RFC, cuatro de estas presas de arco, entre ellas Lyutang, Fengguang, Longdongwan y Shaqian, tienen alturas que oscilan entre los 37 y los 66 m (121 y 217 pies) y se construyeron sin juntas de contracción. Hay más presas de arco de este tipo en construcción¹⁰, entre ellas destaca la presa de arco de RFC Shaqian, ubicada en el río Chishui, en la provincia de Guizhou, China. El emplazamiento del proyecto se encuentra en un clima subtropical con veranos calurosos e inviernos suaves, la temperatura ambiente media anual es de 18 °C (64 °F), con temperaturas extremas observadas de 43.2 °C (109.8 °F) y -1.2 °C (29.8 °F), la precipitación anual promedio es de 1,229 mm (48 pulgadas). La presa está construida sobre arenisca en un cañón en forma de V, tiene una altura de 66 m y una longitud de eje de cresta de 205 m (670 pies), el ancho de la cresta es de 6 m (20 pies) y el

ancho de la base es de 22 m (72 pies). La forma de la presa se determinó mediante análisis de elementos finitos, lo que dio como resultado un diseño de arco de centro variable, el ángulo del arco central varía de 13.26 a 45.06 grados en la mitad izquierda y de 12.73 a 45.19 grados en la mitad derecha. Para el proyecto se adoptó concreto RFC grado C₉₀15. No se utilizaron juntas de contracción ni medidas especiales de control de temperatura durante su construcción. La construcción del proyecto comenzó en noviembre de 2020 y finalizó en enero de 2023. En la figura 2 se muestran imágenes de la presa terminada.



Figura 2. Presa de arco de RFC Shaqian (según Jin y Zhang¹⁰ y Tao y Wan¹¹): (a) durante la construcción; y (b) vista aguas arriba luego de su terminación.

Presas de arco de concreto CCR sin juntas de contracción aplicando aditivos con base de MgO

Debido a las excelentes propiedades del concreto con MgO en la construcción de presas, resulta lógico y razonable aplicar aditivos con base MgO en la construcción de presas de concreto CCR. Los materiales y la tecnología del concreto CCR permiten una construcción de presas rápida, fiable y económica y han recibido reconocimiento y aceptación universales. El concreto con MgO proporciona un método eficaz en la ingeniería moderna de presas para simplificar el control de la temperatura y prevenir el agrietamiento. Las características favorables de ambos materiales

animan a los ingenieros de presas a combinarlos en la práctica. La investigación y la experiencia constructiva han demostrado que la incorporación de MgO como agente expansivo en presas de concreto CCR permite aprovechar simultáneamente las ventajas del CCR y del concreto con MgO, potenciando los beneficios de ambas tecnologías¹².

Las presas de concreto CCR se construyen usualmente en capas, colocando sucesivamente capas horizontales de aproximadamente 300 mm de espesor, utilizando una mezcla de concreto de revenimiento cero que cubre grandes superficies, una vez colocada una capa, esta puede soportar inmediatamente el equipo necesario para colocar la siguiente. Este método proporciona una restricción externa tanto en dirección longitudinal como transversal debido al proceso de endurecimiento del concreto. El rápido ritmo de construcción de las presas de concreto CCR dificulta la disipación del calor de hidratación generado por el cemento^{13,14}, sin embargo, el uso de capas delgadas favorece una distribución uniforme de la temperatura causada por el calor de hidratación. Estas características resultan especialmente beneficiosas al utilizar MgO en presas de concreto CCR, ya que crean una expansión autógena de volumen uniforme en toda la estructura, además, el aumento de temperatura adiabático del concreto CCR es más lento que el del concreto convencional, lo que coincide con la expansión autógena retardada del concreto con MgO y se ajusta eficazmente al proceso de descenso de temperatura de la presa.

Por razones económicas, las presas de arco de concreto CCR suelen construirse con alturas de 70 m o mayores, el objetivo de aplicar agentes de MgO en presas de arco de concreto CCR de gran altura no es eliminar todas las juntas de contracción transversales, sino optimizar el uso de juntas inducidas y/o reducir al máximo el número de juntas convencionales. En general, la longitud de los bloques de las presas de arco puede incrementarse de 40 m a 80 m (130-260 pies) o más mediante el uso de aditivos en base MgO en el concreto CCR, lo que reduce significativamente el número de juntas. En la Tabla 1 se muestran varias presas de arco de CCR construidas con aditivos en base MgO.

Cabe señalar que la presa de arco de concreto CCR de Longtan en Guangan fue la única construida sin juntas de contracción¹⁵. La presa de arco delgado de doble curvatura, de 85 m (280 pies) de altura, se asemeja a una estructura de caparazón con una longitud del eje de la cresta de 220 m.

Tabla 1.

Varias presas de arco de concreto CCR construidas con aditivos en base MgO.

No.	Proyecto	Tipo	Altura/lonhitud de la cresta, m	Presa/CCR Volumen: 103 m ³	Año de culminación	Juntas	Contenido de MgO y área de aplicación
1	Puding	DC	75/196	137/103	1993	2I 3C	3.2 en concreto base de 2m de altura (V=3,700m ³ , 80 µε)para la prueba
2	Shapai	SC	132/250	393/365	2001	2C 2I	2.6 a 3.5% en concreto base de 15.5m de altura, sin juntas y con control de temperatura. (V=50,000m ³ , 90 a 100 µε)
3	Shimenzi	SC	109/187	200/160	2001	4S 1C	2% en toda la presa
4	Longshou	DC	80/141	217/197	2001	2I	3.0 a 4.5% aguas arriba de una cinta de 1.5 a 4m de espesor (V=68,000m ³ , 45 a 60 µε)
5	Linhekou	DC	96.5/311	295/229	2003	5I 3C	5.5% en la base de concreto de 3.2m de altura, 5.0% desde 3.2 hasta 8.0m de altura
6	Yujianhe	DC	81/179	110/80	2004	2C 2J	Presa completa, 3 a 4% en concreto de base de 39m de altura y estribos (V=11,000m ³ , 40 a 60 µε)
7	Wengyuan	DC	51/179	110/80	2006	2C 2I	(57 µε)
8	Shaba	DC	87/149	90/67	2008	2I	3% en concreto base de 1.0m de altura
9	Huanghuazai	DC	110/244	305/280	2009	2C 2I	Presa completa, 3.0% en el interior, 3.3% en la cara aguas arriba, 3.15% en la cara aguas abajo (V=25,000m ³ , >50 µε)
10	Longtan (Guangan)	DC	85/220	259/214	2020	No	5% en toda la presa (V=258,800m ³ , 38 a 48 µε)

Nota: DC es de doble curvatura; SC es de curvatura simple; C es junta de contracción convencional; I es junta inducida y S es junta estructural corta; 1 m = 3.3 pies. 1 m³ = 1.3 yd³.

La presa tiene un ancho de cresta de 7 m (23 pies) y un espesor de base de 21.5 m (70.5 pies), lo que resulta en una relación espesor-altura de 0.25 y un ángulo central máximo de 81.81 grados. Se utilizó un concreto grado RCC₉₀20 para la construcción de la presa, se incorporó a la mezcla de CCR, un aditivo en base MgO, con un contenido del 5 %, para toda la estructura. Los volúmenes totales de concreto convencional y de concreto CCR ascendieron a 259,000 m³ y 214,000 m³ (339,000 yd³ y 280,000 yd³), respectivamente. La figura 3 muestra la construcción de la presa de arco de concreto CCR de Longtan.

Características y análisis de presas de arco sin juntas de contracción

Las principales diferencias entre las presas de arco con y sin juntas de contracción radican en sus métodos de construcción. Una presa de arco sin juntas de contracción se construye como una estructura monolítica; por ejemplo, su altura se eleva de forma uniforme en lugar de bloque a bloque, en consecuencia, se omiten por completo el encofrado para las juntas de contracción, el sistema de sellado de juntas y el posterior enfriamiento de la presa. El arco se forma de manera continua durante la construcción

y comienza a ejercer su función a medida que el concreto adquiere resistencia y rigidez (módulo de elasticidad) con el tiempo¹⁷.



Figura 3: Presa de arco de concreto CCR de Longtan en Guangan, durante su construcción (según Li et al.¹⁵ y Chen ¹⁶)

En el caso de una presa de arco de concreto CCR únicamente con juntas inducidas, estas no se sellan con “grout” hasta que se abren, lo que hace innecesario un sistema de post-enfriamiento. Debido a que la presa de arco de concreto CCR también se eleva de manera uniforme sin juntas de contracción definidas, el arco se forma hasta la altura final de la presa del mismo modo que una presa de arco sin juntas de contracción. Por lo tanto, el desarrollo de tensiones es esencialmente el mismo que en las presas de arco construidas sin juntas de contracción.

Estructuralmente, la diferencia entre ambos tipos radica en que una presa de arco sin juntas de contracción forma una estructura verdaderamente monolítica, capaz no solo de resistir la compresión y el corte, sino también de soportar esfuerzos de tracción. En cambio, una presa de arco con juntas de contracción transversales (con ayuda de protectores de corte), incluso después del sellado, puede transmitir fuerzas de compresión y corte, pero no de tracción.

La diferencia en los métodos de construcción conlleva distintas distribuciones de tensiones. En las presas de arco sin juntas de contracción, las tensiones causadas por las variaciones de temperatura y los cambios autógenos de volumen del concreto pueden permanecer y acumularse dentro de la estructura⁴, además, las tensiones inducidas por el peso propio de la presa ya no se distribuyen linealmente. Las tensiones residuales en este tipo de presas son comparables a las que quedan en las estructuras de acero soldadas tras la soldadura (tensión residual), por este motivo, se requiere un análisis detallado de elementos finitos que simule la secuencia de construcción real capa por capa para evaluar correctamente las tensiones. El análisis de tensiones en presas de arco sin juntas de contracción es incorrecto si no se consideran el proceso y el cronograma de construcción.

En particular, deben incorporarse al análisis los parámetros dependientes del tiempo, las propiedades del concreto y las condiciones locales y de construcción (ver la Tabla 2), de igual manera, deben definirse claramente las condiciones mecánicas y térmicas de contorno.

Debido a que las presas de arco dependen de la acción de arco y la resistencia del material de la presa para soportar las cargas, los niveles de esfuerzo en las presas de arco suelen ser más altos que en las presas de gravedad, por lo tanto, normalmente se requiere concreto de mayor resistencia, lo que a su vez conlleva un mayor contenido de materiales cementantes.

Tabla 2:
Parámetros y propiedades del material a considerar en el análisis de elementos finitos.

Propiedades térmicas del concreto/roca	Condiciones ambientales locales
Aumento de temperatura adiabático ($T_{ad}(t)$)	Variación anual de la temperatura ambiente
Calor específico (c)	Variación de la temperatura del agua
Difusividad térmica (h^2)	Radiación solar
Conductividad térmica (K)	Velocidad del viento
Propiedades mecánicas del concreto y de los cimientos	Parámetros constructivos
Módulo de elasticidad ($E(t)$)	Geometría
Creep $\Phi(t, \tau)$	Altura de elevación
Capacidad de deformación por tracción (<i>etc</i>)	Intervalo de tiempo entre capas
Resistencia a la tensión ($f_t'(t)$)	Temperatura de colocación
Coefficiente térmico de expansión (C_{th})	Fecha de inicio/calendario de colocación
Peso específico (γ)	Aislamiento y encofrado
—	Enfriamiento previo y posterior

Ventajas de las presas de arco sin juntas transversales

Las presas de arco sin juntas de contracción comparten las mismas ventajas operativas que las que sí las tienen, a la vez que ofrecen una construcción simplificada y un mejor desempeño estructural. Los principales beneficios de las presas de arco sin juntas de contracción se resumen a continuación:

- Reducción de costos en la construcción de presas: la construcción de presas de arco sin juntas de contracción elimina la necesidad de encofrados, el sello de “grout” en las juntas y la protección térmica de las superficies de las juntas. También se vuelven innecesarios el enfriamiento posterior del concreto mediante circulación de agua a través de serpentines embebidos, así como el riguroso enfriamiento previo;
- Plazo de construcción más corto: el plazo de construcción puede reducirse significativamente omitiendo la instalación y el desmontaje de encofrados, simplificando las medidas de control de temperatura, eliminando el enfriamiento posterior y el sello con “grout” y reduciendo los intervalos entre

las capas de concreto. Este ahorro de tiempo reduce los costos de gestión del proyecto, de mano de obra y de financiamiento y puede permitir que la presa se complete en una o dos temporadas de temperaturas bajas. En consecuencia, se acorta el periodo de desvío del río, reduciendo aún más los costos.

- Puesta en marcha anticipada del proyecto: dependiendo de los objetivos del proyecto, la puesta en marcha anticipada ofrece ventajas como la generación de energía, el riego, el suministro de agua, el control de inundaciones y la navegación. El proceso de construcción acelerado y la reducción del tiempo de desvío también simplifican las obras provisionales y acortan el tiempo de puesta en marcha.
- Mejora del comportamiento estructural: Desde una perspectiva estructural, las juntas de contracción, incluso cuando están equipadas con protección al corte y selladas con “grout”, pueden transmitir esfuerzos de compresión y cortante, pero no de tracción, por lo tanto, las presas de arco con juntas de contracción se comportan como estructuras casi-monolíticas. En cambio, una presa de arco construida sin juntas de contracción también puede soportar esfuerzos de tracción, lo que la convierte en una estructura verdaderamente monolítica.

En conjunto, estos factores ofrecen un ahorro de costos significativo y una simplificación considerable de la construcción.

Conclusiones

Gracias al avance de materiales y tecnologías innovadoras para la construcción de presas, como el concreto con MgO, el concreto con relleno de roca (RFC) y el uso de aditivos a base de MgO en el concreto compactado con rodillo (CCR), las presas de arco se pueden construir sin juntas de contracción de forma más rápida, fiable y económica. Estas innovaciones generan ahorros significativos y reducen los plazos de construcción. Algunas presas de arco terminadas, sin juntas de contracción, ya han demostrado la eficacia de estos concretos y tecnologías innovadoras.

Mediante la adopción de estos materiales y tecnologías innovadoras para el concreto, se pueden omitir las juntas de contracción en presas de arco de tamaño pequeño y mediano, mientras que en presas de arco de gran altura (> 70 m), se puede reducir considerablemente el número de juntas o utilizar juntas inducidas. Gracias al procedimiento de construcción continuo capa por capa y al mecanismo de formación de arco de estas presas, toda la estructura se eleva de forma uniforme a lo largo de su extensión horizontal. En consecuencia, los esfuerzos inducidos por las variaciones de temperatura y el cambio autógeno de volumen del concreto permanecen y se acumulan en la estructura de la presa, lo que difiere notablemente del caso de las presas de arco construidas por bloques con juntas de contracción. Por lo tanto, es esencial realizar un análisis detallado de elementos finitos que simule el procedimiento de construcción capa por capa, para las presas de arco construidas sin juntas de contracción, dicha presa es una estructura verdaderamente monolítica, capaz no solo de transmitir compresión y cortante, sino también de soportar esfuerzos de tracción.

Referencias

1. U.S. Bureau of Reclamation, Design of Arch Dams: Design Manual for Concrete Arch Dams, United States Government Printing Office, Denver, CO, 1977, 882 pp.
2. Li, C.M., “Long-Term Study on Autogenous Volume Expansion of MgO Concrete,” Journal of Hydroelectric Engineering, V. 18, No. 2, 1999, pp. 11-19. (en idioma chino)
3. Du, C., “A Review of Magnesium Oxide in Concrete,” Concrete International, V. 27, No. 12, Dec. 2005, pp. 45-50.
4. Du, C., “Application of MgO Concrete in RCC Dams – A Review of the Status and Prospects for MgO Expansive Additives,” Concrete International, V. 41, No. 7, July 2019, pp. 41-48.
5. Mo, L.W.; Deng, M.; Tang, M.S.; and Al-Tabbaa, A., “MgO Expansive Cement and Concrete in China: Past, Present and Future,” Cement and Concrete Research, V. 57, Mar. 2014, pp. 1-12. doi: 10.1016/j.cemconres.2013.12.007
6. Guizhou Water Conservancy Hydropower Design and Research Institute, Research on Key Technology and Engineering Practice of Arch Dams Using MgO Concrete, China Water & Power Press, Beijing, 2016. (en idioma chino)
7. Jin, F., and Huang, D.R., Rock-Filled Concrete Dam, first edition, Springer, Singapore, 2022, 340 pp. doi: 10.1007/978-981-16-8298-8

8. ICOLD Committee on Cemented Material Dams, Cemented Material Dam: Design and Practice—Rock-Filled Concrete Dam, Bulletin 190, International Commission on Large Dams (ICOLD), Paris, France, 2022, 111 pp.
9. Jin, F.; Huang, D.; Lino, M.; and Zhou, H., “A Brief Review of Rock-Filled Concrete Dams and Prospects for Next-Generation Concrete Dam Construction Technology,” *Engineering*, V. 32, Jan. 2024, pp. 99-105. doi: 10.1016/j.eng.2023.09.020
10. Jin, F., and Zhang, G.Y., “Rock-Filled Concrete Arch Dams with or Without Contraction Joints,” *Proceedings of the 5th International Dam World Conference*, Apr. 13-17, 2025, Lisbon, Portugal, V. 1, pp. 147-153.
11. Tao, Z., and Wan, K.H., “Chishui City Shaqian Reservoir Project Passed the Acceptance Inspection for Water Storage,” www.sohu.com/a/681535651_121106687, 2023. (en idioma chino) (Consultado el 4 de mayo de 2026)
12. Du, C., “Prevention of Thermal Cracking in RCC Dams Using Magnesium Oxide (MgO) Concrete,” *Proceedings of the 9th International Symposium on RCC Dams and CMDs*, Dec. 4-5, 2023, Guangzhou, China, pp. 108-116
13. Zhang, G.X., and Zhang, Y., “Application of MgO Content to RCC Arch Dam,” *New Progress on Roller Compacted Concrete Dams - Proceedings of the 5th International Symposium on Roller Compacted Concrete (RCC) Dams*, J. Jia, L. Berga, G. Zhang, G. Chen, and C. Zheng, eds., Guiyang, China, 2007.
14. Zhu, B.F., “RCC Arch Dams: Temperature Control and Design of Joints,” *International Water Power and Dam Construction*, V. 55, No. 8, Aug. 2003, pp. 26-30.
15. Li, Z.W.; Qin, X.L.; Zhang, T.; and Zhang, Y.C., “RCC Construction Technology of Double - Curvature Arch Dam of Longtan Reservoir,” *Proceedings of the 8th International Symposium on RCC Dams*, Nov. 11-12, 2019, Kunming, China, pp. 382-388.
16. Chen, J., “New Breakthrough in Construction Technology for RCC Double-Curvature Arch Dams,” <https://ynjtsl.com/artview/1967/118854.html>, 2025. (en idioma chino)
17. Du, C., and Stabel, B., “Innovative Technologies for Construction of RCC Arch Dams,” *Proceedings of the 7th International Symposium on Roller Compacted Concrete (RCC) Dams*, Sept. 24-25, 2015, Chengdu, China, pp. 444-460.

Seleccionado por los editores por su interés para los lectores.

Chongjiang Du es un experto en ingeniería de presas de Lahmeyer International Ltd., Alemania. Inició su carrera en 1982 y cuenta con más de 40 años de experiencia como diseñador y consultor, especializado en presas de concreto y tecnología del concreto, incluyendo presas de concreto convencional y de concreto compactado con rodillo (RCC). Ha participado en el diseño, consultoría, supervisión de la construcción, investigación y administración técnica de diversas presas de concreto. Actualmente trabaja en varios proyectos de presas. Es uno de los autores principales del Boletín 177 de la Comisión Internacional de Grandes Presas (ICOLD), titulado «Presas de Concreto Compactado con Rodillo», publicado en 2020. Obtuvo su licenciatura en ingeniería civil en la Universidad Tecnológica de Dalian, China y su maestría en la Universidad de Tsinghua, Beijing, China. Trabajó como profesor asistente en el Instituto Tecnológico de Karlsruhe (anteriormente Universidad de Karlsruhe), en Karlsruhe, Alemania, donde obtuvo el título de Doctor en Ingeniería.



Título original en inglés:
**Efficient Arch Dam
Construction**

Innovative concretes and technologies
enable placement without contraction joints

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



Traducción:
Ing. Carlos Castillo



Revisión Técnica:
Ing. Santiago Vélez
Guayasamín MSC
DIC

Ensayos de resistencia a la extracción de anclajes embebidos durante el colado en concreto impreso en 3D mediante lanzado

Por Deepak Suthar, Akanshu Sharma y Taylor Marchment

Los anclajes se utilizan para conectar diversos elementos estructurales y no estructurales a los elementos de concreto. Estos elementos pueden ejercer fuerzas sobre los anclajes en múltiples direcciones, lo que puede generar condiciones de carga por tensión¹⁻³, cortante⁴, momento⁵, o combinadas^{6,7}. En función de las diferentes condiciones de carga, la falla de los anclajes puede presentarse de diversas formas. Bajo carga de tensión, los pernos de anclajes pueden fallar debido a la fractura del acero, la ruptura del cono de concreto, el arrancamiento, por compresión diametral o la ruptura de la cara lateral, tal y como se indica en el Capítulo 17 del Código ACI 318-25⁸.

Se utilizan diferentes tipos de anclajes en función de las preferencias de construcción, la confiabilidad requerida y otros factores específicos de cada aplicación, y pueden clasificarse, a grandes rasgos, en anclajes empotrados o postinstalados⁹. Los pernos con cabeza se utilizan habitualmente como anclajes empotrados debido a su confiabilidad y se colocan en el cimbrado antes del colado del concreto. Los pernos con cabeza resisten la tensión principalmente gracias al apoyo mecánico entre la cabeza del perno y el concreto circundante. Este apoyo genera un campo de esfuerzo a compresión alrededor de la cabeza del anclaje, lo que puede provocar grietas y, finalmente, la formación de un cono de ruptura en el concreto.

El concreto impreso en 3D mediante lanzado (S3DPC, por sus siglas en inglés) ha ganado popularidad gracias a su flexibilidad en el diseño, la reducción del costo de mano de obra y construcción, y la optimización de los materiales, lo que se traduce en una reducción de las emisiones de carbono y en la posibilidad de procesos de construcción totalmente automatizados y sin intervención humana¹⁰. Entre los

factores clave que lo hacen posible se encuentran los avances en el diseño de mezclas de mortero sin agregado grueso, las mejoras en las técnicas de impresión y los avances en la automatización robótica, que permiten imprimir geometrías complejas con precisión.

Al igual que con el concreto convencional, los elementos estructurales y no estructurales deben conectarse al S3DPC, lo que requiere un sistema de anclaje confiable. Con el creciente interés por las estructuras 3DPC, se prevé que también aumente la necesidad de soluciones de anclaje compatibles con el 3DPC. Sin embargo, actualmente no existen en la bibliografía ni en las normas de diseño disposiciones de diseño ni conjuntos de datos experimentales que permitan evaluar el comportamiento y el desempeño del anclaje en el 3DPC.

En este artículo se analiza un estudio piloto en el que se realizaron ensayos de tensión por arranque sin confinamiento tanto en anclajes individuales como en grupos de anclajes empotrados en losas reforzadas de S3DPC. Todos los anclajes consistían en pernos con cabeza soldados a placas base de acero. Los especímenes de ensayo se diseñaron de tal forma que el modo de ruptura fuera la ruptura cónica del concreto.

Programa de pruebas

El alcance del programa de ensayos experimentales se limitó a ensayos de tensión en pernos con cabeza ahogada soldados a una placa base de acero. Los ensayos incluyeron especímenes de anclaje único y configuraciones de grupos de anclajes de 2x3, y todos los pernos tenían el mismo diámetro y la misma profundidad de empotramiento.

El espesor de la placa base de acero fue de 1 pulg. (25 mm) en todos los casos. En la configuración en grupo, la distancia entre centros de los anclajes adyacentes se fijó en 6 pulg. (150 mm). La Tabla 1 resume la matriz de ensayos seguida en este estudio. En el caso de las muestras con un solo anclaje, se realizaron tres ensayos repetidos, mientras que en las configuraciones con anclajes en grupo se llevaron a cabo dos repeticiones.

Tabla 1.
Programa de ensayo para pruebas de arrancamiento de pernos con cabeza en concreto impreso en 3D.

Serie	Configuración	h_{ef}	d_a	s	n_{test}
1	Sencilla	7 pulg.	1 pulg.	—	3
2	2x3			6 pulg.	2

Notas: h_{ef} es la profundidad efectiva de empotramiento del anclaje; d_a es el diámetro del anclaje; s es la distancia entre los anclajes en una configuración en grupo; n_{test} es el número de ensayos realizados; y 1 pul. = 25 mm.



Espécimen de ensayo

Se imprimieron un total de cinco muestras de losa utilizando la tecnología de impresión 3D por lanzado¹¹. Esta técnica permite fabricar geometrías complejas de forma más eficiente que la impresión 3D convencional basada en la extrusión. La impresión de concreto en 3D mediante extrusión requiere un posicionamiento y un control precisos, con una capa impresa bien definida que, si no se gestiona adecuadamente, puede provocar huecos y resulta lenta y compleja de manejar en torno a elementos incrustados, como refuerzos y pernos. La impresión de concreto 3D por lanzado supera estas limitaciones, ya que permite cubrir una mayor superficie sobre los objetos incrustados y minimiza la formación de huecos.

La Figura 1 ilustra el proceso de impresión para un espécimen con anclaje único y otro con anclaje en grupo. Por motivos prácticos y para garantizar una superficie de ensayo lisa, las losas se lanzaron boca abajo. Se instaló un refuerzo complementario (superficial) tanto en la cara superior como en la inferior de cada losa, utilizando una malla con barras de refuerzo n.º 5 de grado 60. La malla de refuerzo se integró durante el proceso de impresión a las alturas requeridas. El refuerzo de la superficie se aplicó para evitar que el espécimen se fracturara durante el ensayo.

Las dimensiones de los especímenes para las pruebas con una sola ancla eran de 40 x 40 pulg. (1,000 x 1,000 mm), con un espesor de 12 pulg. (300 mm). Para las pruebas con anclajes en grupo, los especímenes medían 50 x 50 pulg. (1,250 x 1,250 mm), también con un espesor de 12 pulg. Se colocó un refuerzo en la superficie en forma de malla tal y como se muestra en la Fig. 1. Los especímenes se diseñaron para permitir la ruptura del concreto sin restricciones en todas las direcciones, minimizando así la influencia de los bordes cercanos en la capacidad de anclaje. Para el lanzado se utilizó una mezcla disponible en el mercado diseñada para la impresión 3D. Se determinó que la resistencia promedio a la compresión del mortero lanzado era de 6,600 psi (46 MPa) cuando se realizaron las pruebas de las anclas. Los pernos con cabeza utilizados en este estudio eran de acero de bajo carbono según la norma ASTM A108, soldados a placas base de acero al carbono según la norma ASTM A36.

Preparación de la prueba

La Figura 2(a) muestra el montaje empleado para realizar los ensayos de arranque bajo una carga controlada por desplazamiento. Se montó un actuador de 220 kip (1,000 kN) con una carrera de 10 pulgadas (250 mm) sobre un bastidor en pórtico. El actuador se conectó a un dispositivo de extracción de anclajes mediante una varilla de carga roscada. Las placas de empotramiento se fabricaron con cuatro orificios roscados internamente que se utilizaron para fijar la placa de empotramiento al dispositivo de arrancamiento de anclajes; véase la Fig. 2(b). Para minimizar los efectos perimetrales, cada espécimen se apoyó verticalmente mediante perfiles de acero situados a más de $2h_{ef}$ del ancla. Estos soportes de acero se anclaron firmemente al suelo resistente para garantizar la restricción vertical durante el ensayo. Todos los ensayos se realizaron en control de desplazamiento a una velocidad de desplazamiento constante de 0.04 pulgadas/min (1 mm/min).



Resultados y Discusión

La Tabla 2 resume los resultados de los ensayos, incluyendo la carga máxima y el modo de falla observado para cada espécimen. Los valores experimentales se comparan además con las capacidades promedio calculadas mediante el método de diseño de la capacidad del concreto (CCD, por sus siglas en inglés)¹².

Se observó una discrepancia significativa: la capacidad promedio de arranque fue solo del 56 % de la capacidad prevista mediante el método CCD. Esta reducción de la resistencia podría atribuirse a uno o a todos los factores siguientes: 1) la relación

entre la resistencia a la tensión y la resistencia a la compresión del 3DPC es diferente a la del concreto normal; 2) la ausencia de agregados gruesos da lugar a una menor energía de fractura; 3) la interfase entre las capas del 3DPC da lugar a un plano de debilidad que reduce la resistencia a la fractura del 3DPC; y 4) una consolidación ineficaz del concreto alrededor de la cabeza del ancla, lo que provoca una reducción de la resistencia y aumenta el riesgo de trituración del concreto y de falla por arranque.

Basándose en la capacidad experimental promedio de los ensayos con anclaje único, se calculó la capacidad de anclaje en grupo mediante el método CCD, teniendo en cuenta el efecto de grupo y suponiendo una distancia crítica de $3h_{ef}$. Sin embargo, los valores calculados sobreestimaron la capacidad en aproximadamente 1.49 veces la resistencia observada en el ensayo. Este hallazgo sugiere que la distancia crítica —y, por ende, el factor de grupo utilizado en el método CCD, que se basa en la relación entre las áreas de ruptura del cono de concreto proyectado para las anclas en grupo y las individuales— puede variar en el caso de los anclajes en 3DPC. Es necesario realizar más estudios para evaluar la distancia crítica entre las anclas y verificar así este comportamiento.

Tabla 2.

Resumen de los resultados del ensayo y comparación con el método CCD.

Serie	Carga máxima	Promedio	Modo de falla*	CCD	Ensayo/CCD
1×1 (3DPC)	28.14 kip	34.26 kip	CC	60.77 kip	0.56
	38.23 kip		CC		
	36.40 kip		PO		
2×3 (3DPC)	44.84 kip	46.48 kip	CC	69.22 kip†	0.67
	48.13 kip		CC		

*CC es el fallo cónico del concreto; y PO es el fallo por arrancamiento.

†La capacidad de ruptura cónica del concreto para el grupo de anclas se calculó utilizando la capacidad de una sola ancla observada experimentalmente y multiplicándola por el factor de grupo calculado mediante el método CCD.

Nota: 1 kip = 4.45 kN.

En los ensayos con una sola ancla, dos de los tres especímenes fallaron por ruptura por cono en el concreto, tal y como se muestra en la Fig. 3(a). Sin embargo, un espécimen presentó una falla por arrancamiento, tal y como se ilustra en la Fig. 3(b). El cambio de una ruptura cónica a una falla por arrancamiento puede atribuirse a la ausencia de agregado grueso en el 3DPC, junto con las inconsistencias del material presentadas durante

el proceso de impresión. La Figura 3(b) muestra un triturado localizado en la cabeza del ancla, lo que finalmente da lugar a una falla por arrancamiento. En la configuración de anclaje en grupo, ambas pruebas mostraron una ruptura cónica del concreto; véase la Fig. 3(c). Se observó que la forma de la ruptura cónica del concreto era similar a la del concreto normal, lo que sugiere que, de manera preliminar, se puede suponer un ángulo de grieta de 35 grados (respecto a

la horizontal) desde la cabeza del ancla. No obstante, es necesario realizar más ensayos con anclas individuales con diferentes profundidades de empotramiento y con grupos de anclas en otras configuraciones.



Conclusiones

Con el uso cada vez más extendido de estructuras de concreto impreso en 3D (3DPC), existe una creciente demanda de conexiones confiables tanto para componentes estructurales como no estructurales.

Para este fin se suelen utilizar anclajes, que permiten transferir eficazmente las fuerzas al concreto. El diseño actual de los anclajes se rige por normas como el Código ACI 318-25 y la norma EN 1992-4¹³, así como por prácticas de diseño como las del Boletín 58 de la *fib*¹⁴. Sin embargo, han sido escasos o nulos los esfuerzos realizados para comprender y caracterizar el comportamiento de los anclajes en el 3DPC.

Este trabajo presenta uno de los primeros intentos de explorar la viabilidad y el comportamiento de los anclajes en el 3DPC. Cuando se someten a cargas de tensión, los anclajes pueden fallar mediante un mecanismo de ruptura cónica del concreto. Los métodos de diseño actuales, en particular el método de diseño basado en la capacidad del concreto (CCD), son semi-empíricos y se desarrollaron para el concreto de peso normal, lo que da lugar a una sobreestimación de la capacidad de los anclajes cuando se aplican al 3DPC.

En los ensayos con una sola ancla, se observó que la relación entre la resistencia promedio y la calculada era de 0.56 en comparación con el método CCD, y que las fallas se producían en el modo de ruptura cónica del concreto. En las pruebas de anclas en grupo, se observó que esta relación era de 0.67 en comparación con el método CCD, y que el grupo de anclas fallaba en la prueba de ruptura cónica del concreto. Es necesario realizar más investigaciones experimentales que

incluyan diferentes profundidades de empotramiento, diversos tipos de 3DPC y distintos parámetros de impresión, como la velocidad de impresión, el espesor de capa y la orientación de la impresión, para poder recalibrar el método CCD para el 3DPC. Además, es necesario reevaluar la influencia de otros factores, como el efecto de grupo, la excentricidad y la proximidad a los bordes, que actualmente se basan en el concreto de peso normal, para el 3DPC, con el fin de garantizar un diseño de anclaje seguro y preciso.

En este estudio piloto se analizaron un número limitado de ensayos y configuraciones. Los estudios futuros deberían centrarse en la realización de ensayos de arrancamiento que incorporen el efecto de la dirección de impresión (anclas perpendiculares a la dirección de impresión); en anclas posinstaladas (anclas adhesivas y mecánicas); y en anclajes sometidos a diferentes escenarios de carga (tracción, cortante y combinados).

Agradecimientos

Este trabajo se ha realizado gracias al apoyo de la Fundación Nacional para la Ciencia (NSF), con el número de subvención 2333306. Los autores desean expresar su agradecimiento a Sperra por haberles facilitado la muestra de losa impresa en 3D. Asimismo, los autores agradecen al Laboratorio Robert L. y Terry L. Bowen de la Universidad de Purdue, así como al personal del laboratorio, por su colaboración para llevar a cabo estos ensayos de forma segura y confiable.

Referencias

1. Stehle, E.J., and Sharma, A., "Concrete Cone Breakout Behavior of Anchor Groups in Uncracked Concrete under Displacement-Controlled Cyclic Tension Load," *Engineering Structures*, V. 246, No. 4, Nov. 2021, Article No. 113092. doi: 10.1016/j.engstruct.2021.113092
2. Furche, J., and Eligehausen, R., "Lateral Blow-Out Failure of Headed Studs Near a Free Edge," *Anchors in Concrete—Design and Behavior*, SP-130, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 1991, pp. 235-252.
3. Suthar, D.; Sharma, A.; Piccinin, R.; and Bokor, B., "Experimental Investigation on Post-Installed Anchorages with Cast-In Anchor Reinforcement Under Tension Loading," *Structural Concrete*, Feb. 2026. doi: 10.1002/suco.70478
4. Anderson, N.S., and Meinheit, D.F., "Pryout Capacity of Cast-In Headed Stud Anchors," *PCI Journal*, V. 50, No. 2, Mar.-Apr. 2005, pp. 90-112. doi: 10.15554/pci.03012005.90.112
5. Suthar, D., and Sharma, A., "Numerical Study on the Behavior of Anchorages with Supplementary Reinforcement Under Moment Loading," *Proceedings of 18th World Conference on Earthquake Engineering*, Milan, Italy, 2024.
6. McMackin, P.J.; Slutter, R.G.; and Fisher, J.W., "Headed Steel Anchor under Combined Loading," *Engineering Journal*, V. 10, No. 2, June 1973, pp. 43-52. doi: 10.62913/engj.v10i2.207
7. Sharma, A.; Eligehausen, R.; Asmus, J.; and Bujnak, J., "Anchorage with Supplementary Reinforcement under Tension, Shear and Interaction Loads—Experimental Database," *Proceedings of the fib Symposium 2019*, May 2019, pp. 667-674.
8. ACI Committee 318, "Building Code Requirements for Structural Concrete—Code Requirements and Commentary (ACI CODE-318-25)," American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2025, 702 pp.
9. Eligehausen, R.; Mallée, R.; and Silva, J.F., *Anchorage in Concrete Construction*, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, NJ, 2006, 391 pp.
10. Lu, B.; Li, M.; Wong, T.N.; and Qian, S., "Effect of Printing Parameters on Material Distribution in Spray-Based 3D Concrete Printing (S-3DCP)," *Automation in Construction*, V. 124, Apr. 2021, Article No. 103570. doi: 10.1016/j.autcon.2021.103570
11. Heidarneshad, F., and Zhang, Q., "Shotcrete Based 3D Concrete Printing: State of Art, Challenges, and Opportunities," *Construction and Building Materials*, V. 323, No. 14, Mar. 2022, Article No. 126545. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2022.126545
12. Fuchs, W.; Eligehausen, R.; and Breen, J.E., "Concrete Capacity Design (CCD) Approach for Fastening to Concrete," *ACI Structural Journal*, V. 92, No. 1, Jan.-Feb. 1995, pp. 73-94. doi: 10.14359/1533
13. EN 1992-4:2018, "Eurocode 2: Design of Concrete Structures —Part 4: Design of Fastenings for Use in Concrete," European Committee for Standardization, Brussels, Belgium, 2018.
14. *fib Special Activity Group 4*, "fib Bulletin 58: Design of Anchorages in Concrete," International Federation for Structural Concrete, Lausanne, Switzerland, 2011, 280 pp.

Deepak Suthar, miembro de ACI, es investigador postdoctoral en la Escuela Lyles de Ingeniería Civil y de la Construcción de la Universidad de Purdue, en West Lafayette, Indiana, EE. UU. Sus intereses de investigación incluyen estructuras de concreto reforzado, con especial enfoque en anclajes, concreto impreso en 3D y la aplicación del aprendizaje automático en estructuras. Deepak obtuvo su licenciatura en ingeniería civil en el Instituto Indio de Tecnología de Roorkee, India, en 2019, y su maestría y doctorado en ingeniería civil en la Universidad de Purdue en 2021 y 2026, respectivamente.



Akanshu Sharma, miembro del ACI, es profesor asociado Jack y Kay Hockema en la Facultad Lyles de Ingeniería Civil y de Construcción de la Universidad de Purdue. Sus intereses de investigación incluyen los anclajes en concreto, el refuerzo estructural, la adherencia entre el acero y el concreto, y el comportamiento de las estructuras bajo cargas extremas. Es presidente del Subcomité 349-C de la ACI, Estructuras Nucleares-Anclajes, y del Comité Conjunto ACI-TMS 216, Resistencia y Protección contra Incendios de Estructuras, y miembro de los Comités 349 del ACI, Estructuras Nucleares de Concreto; 352, Juntas y Uniones en Estructuras Monolíticas de Concreto; 355, Anclajes en el Concreto; 408, Adherencia y Desarrollo del Refuerzo de Acero; y 440, Refuerzo de polímeros fibroreforzados. Es secretario técnico del Grupo de Trabajo 2.9 de la Federación Internacional del Concreto Estructural (*fib*), Sujeciones al Concreto Estructural y Mampostería, y miembro de los Grupos de Trabajo 2.5 de la *fib*, Modelos de Adherencia y Materiales, y 10.2, Actualizaciones de Códigos Modelo. Obtuvo su doctorado en Ingeniería por la Universidad de Stuttgart, Stuttgart, Alemania, en 2013.



Taylor Marchment, miembro de ACI, es líder de I+D en fabricación y jefe de fabricación de proyectos en Sperra. Marchment cuenta con más de una década de experiencia práctica en la construcción con concreto, y combina sus conocimientos académicos con la aplicación práctica para impulsar la innovación en procesos de fabricación avanzados. Obtuvo su doctorado en Ingeniería Civil en la Universidad Tecnológica de Swinburne, en Melbourne (Australia), con una especialización en el diseño de refuerzos para la impresión tridimensional de concreto (3DCP).



Título original en inglés: Pullout Tension Tests on Cast-In Anchorages in Spray-Based 3D-Printed Concrete

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



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



Revisión Técnica:
**Ing. Francisco René
Vazquez Leal**

Conferencia Previa a la Construcción sobre Juntas de Dilatación en Estructuras de Estacionamiento de Concreto Postensado

P. *Somos un contratista de concreto que construye una gran estructura de estacionamiento aeroportuario de cuatro niveles de concreto postensado en el suroeste de los Estados Unidos. El contratista general ha tenido problemas anteriores con la instalación de juntas de dilatación y nos solicitó preparar una presentación para todas las partes involucradas, incluido el instalador de juntas de dilatación. No estamos seguros de qué decir, salvo señalar que nuestras tolerancias de encofrado están establecidas en ACI SPEC-117-10(15).¹ ¿Aborda el ACI este tema?*

R. El ACI ofrece orientación limitada para diseñadores y contratistas sobre este tema; sin embargo, el Instituto no presenta una discusión exhaustiva sobre cómo deben coordinarse los detalles de diseño y construcción durante una conferencia previa a la construcción para reducir los problemas en obra. Información técnica relevante aparece en ACI PRC-224.3-95(13), “Juntas en Construcción de Concreto”²; ACI PRC-362.1-12(24), “Guía para el Diseño y Construcción de Estructuras de Estacionamiento Duraderas”³; ACI PRC-117.1-14, “Guía para la Compatibilidad de Tolerancias en Construcción de Concreto”⁴; y otros recursos.⁵⁻⁷

Las juntas de dilatación están diseñadas para limitar las fuerzas en los elementos causadas por cambios volumétricos, permitiendo que los segmentos adyacentes del edificio se expandan o contraigan sin comprometer la integridad estructural ni la funcionalidad. Al acomodar estos movimientos, las juntas de dilatación contribuyen a prevenir el agrietamiento. Los sistemas de juntas de alto desempeño modernos también deben satisfacer exigentes requisitos de capacidad de

carga, impermeabilidad, resistencia al fuego y cumplimiento con la Ley de Estadounidenses con Discapacidades (ADA). Estos requisitos varían en toda la estructura de estacionamiento y difieren para las condiciones losa-a-loso, losa-a-muro y muro-a-muro. Por ejemplo, los sistemas de uso estándar pueden ser apropiados para pasillos de estacionamiento, mientras que los sistemas de uso pesado que cumplen con las clasificaciones de carga AASHTO HS-20 son típicamente requeridos en rampas, curvas y carriles de circulación, donde los vehículos aceleran, frenan y giran.

Los instaladores de juntas de dilatación presentan planos de taller que incluyen datos del producto, instrucciones de instalación del fabricante y secciones a lo ancho completo que con frecuencia superan las 100 páginas. Sin embargo, los contratistas de concreto pueden no participar en la revisión de los documentos de taller o no verlos antes de colocar el concreto. En las estructuras de estacionamiento elevadas de concreto colado en sitio con postensado, las tolerancias de instalación de juntas de dilatación son particularmente complejas, porque deben tener en cuenta las tolerancias de encofrado del concreto y los movimientos del marco estructural tanto antes como después de la instalación de la junta. La Figura 1 muestra un detalle típico de junta de dilatación rehundida entre dos vigas, generalmente construidas en dos colados de concreto independientes sobre encofrado separado, lo que dificulta lograr una elevación de superficie uniforme en ambos elementos.

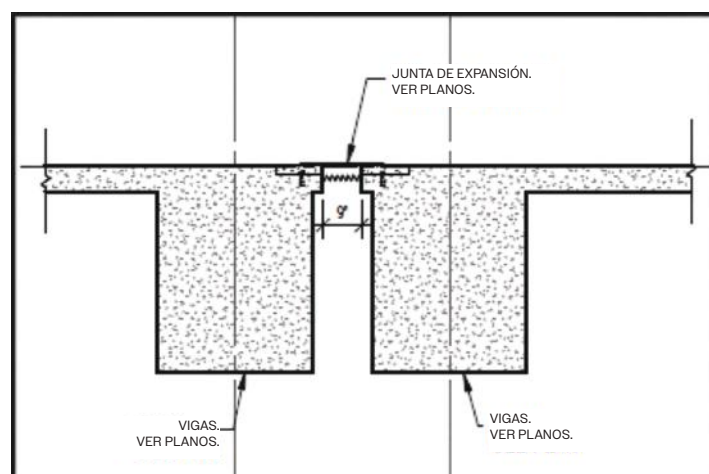


Fig. 1: Detalle típico de una junta de dilatación entre vigas en una estructura de estacionamiento.

La planificación, el cimbrado y la instalación exitosos de las juntas de dilatación requieren decisiones coordinadas de diseño y construcción antes del encofrado y el colado del concreto. Esta coordinación incluye: 1) establecer las tolerancias de construcción para el encofrado y el colado del concreto; 2) revisar las instrucciones de instalación impresas del fabricante (MPII, por sus siglas en inglés) para la junta de dilatación especificada, incluyendo todos los requisitos de tolerancia y acabado de superficie; 3) estimar los movimientos de la losa que ocurrirán después del encofrado y el colado, pero antes de la instalación de la junta; 4) definir el momento de la instalación—ya sea basado en la edad del concreto (por ejemplo, 3 o 6 meses después del colado), la separación requerida entre bordes de concreto (máxima, mínima o promedio), o la temperatura del concreto; y 5) la protección y reparación de la junta. La coordinación efectiva de estos factores es esencial para lograr una construcción exitosa de la junta de dilatación. Se proporciona una lista de verificación de coordinación de diseño y construcción para la instalación de juntas de dilatación.

Selección de Tolerancias y Requisitos para el Encofrado y el Colado del Concreto

ACI SPEC-117-10(15), “Especificaciones para Tolerancias en la Construcción y los Materiales de Concreto”, permite una desviación de ± 1 pulg. (25 mm) en la ubicación en planta (borde de losa) y $\pm 3/4$ pulg. (19 mm) en elevación—tolerancias que no son adecuadas para la instalación de juntas de dilatación. Las tolerancias más restrictivas, como $\pm 1/2$ pulg. (13 mm) en ubicación en planta y $\pm 1/4$ pulg. (6 mm) en elevación, son costosas y no pueden lograr de manera realista un cumplimiento del 100%. Cualquier tolerancia especificada debe verificarse dentro de las 72 horas, y antes del postensado o la remoción del encofrado.

Además de las tolerancias dimensionales, el tipo de borde de la junta (acabado con llana, cuadrado o biselado), el acabado de superficie (alisado con llana, nivelado a mano o con escoba) y la preparación de la superficie (bordes y caras de la junta) deben ser considerados. La planicidad y nivelación de superficie medidas de acuerdo con ASTM E1155-20, “Método de Prueba Estándar para Determinar los Números F_f

de Planicidad de Piso y F_L de Nivelación de Piso”⁸, no aplican porque las mediciones F_f/F_L se toman al menos a 0.6 m (2 pies) de los bordes perimetrales.

Según lo recomendado en ACI PRC-117.1-14, las tolerancias para las juntas de dilatación deben indicarse explícitamente en las especificaciones de Concreto Colado en Sitio de la División 3; de lo contrario, los contratistas de concreto cotizarán usando las tolerancias predeterminadas de ACI 117.

Revisión de las Instrucciones de Instalación Impresas del Fabricante

Los diseñadores no deben especificar automáticamente las MPII sin revisión previa. Algunas instrucciones—como “instalar la junta de dilatación entre losas adyacentes planas y niveladas con bordes de junta paralelos”—no son prácticas para los contratistas de concreto, ya que no pueden colocarse perfectamente. Los fabricantes de juntas de dilatación deben participar en la conferencia previa a la construcción para aclarar los requisitos y limitaciones específicos de cada tipo de junta de dilatación.

Los requisitos y recomendaciones del fabricante rara vez se comunican al contratista de concreto a través de las especificaciones de Concreto Colado en Sitio de la División 3. Como resultado, las discusiones previas a la construcción frecuentemente derivan en órdenes de cambio. Consulte el recuadro sombreado “No Compatible—Tolerancias de Encofrado de Concreto del ACI e Instrucciones del Fabricante” para información adicional.

Estimación de Movimientos

El ancho de la junta previo a la instalación de la junta de dilatación está influenciado por la contracción del concreto, los cambios térmicos, el postensado, el asentamiento de la cimentación y otros factores. La orientación para esta evaluación se proporciona en ACI PRC-224.3-95(13) y ACI PRC-362.1-12(24), así como en las Referencias 9 y 10. Se requiere una estimación de estos movimientos para determinar el ancho de junta apropiado al momento de la instalación.

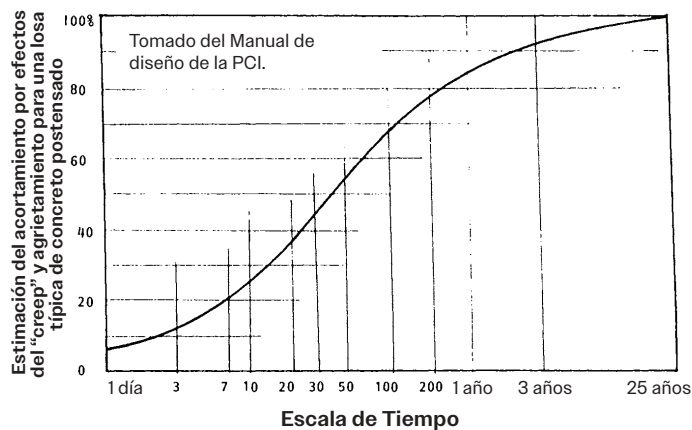


Fig 2.12: Estimación del acortamiento por efectos del "creep" y agrietamiento para una losa típica de concreto postensado

Fig. 2: Acortamiento estimado con el tiempo tras la colocación de losas postensadas típicas (de la referencia 11)

Para las estructuras de estacionamiento con postensado, el acortamiento de la losa debido al postensado es un factor contribuyente de gran importancia. ACI PRC-117.1-14 proporciona un valor aproximado de 1 pulg. por cada 100 pies (30 m) de longitud de losa. El espaciamiento de las juntas de dilatación generalmente se limita a 300 pies (90 m), lo que significa que un segmento de losa de 150 pies (45 m) en cada lado de la junta experimentaría un acortamiento total de aproximadamente 1.5 pulg. (38 mm) en el perímetro. Este valor representa el movimiento total esperado; el diseñador debe estimar cuánto de este movimiento ha ocurrido al momento en que se instala la junta.

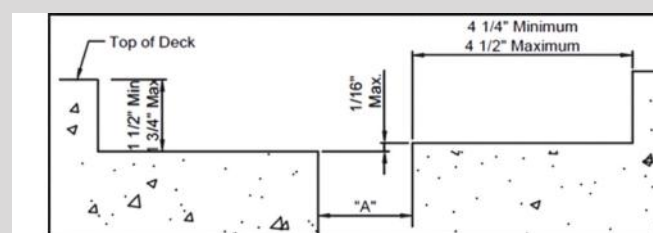
La Figura 2 puede utilizarse para estimar el porcentaje de acortamiento que ha ocurrido en un momento determinado. Por ejemplo, si la junta de dilatación está programada para instalarse 1 mes después del colado del concreto, la Fig. 2 indica que aproximadamente el 45% del acortamiento total ya ha tenido lugar. Dado que $1.5 \times 0.45 = 0.675$ pulg. y $1.5 - 0.675 = 0.825$ pulg., el movimiento inducido por el postensado antes y después de la instalación será de aproximadamente 5/8 pulg. (16 mm) y aproximadamente 7/8 pulg. (22 mm), respectivamente.

Este ejemplo ilustra únicamente el componente de movimiento por postensado. El ingeniero también debe proporcionar estimaciones para los movimientos térmicos, de viento, sísmicos y otros movimientos relevantes. La Figura 3 (Tabla 4.5 de ACI PRC-117.1-14) ilustra las estimaciones de movimiento de un ingeniero tal como se presentan en los planos estructurales.

No Compatible — Tolerancias de Encofrado de Concreto del ACI e Instrucciones del Fabricante

Esta figura ilustra las tolerancias de instalación del fabricante para un sistema de junta de brida con aleta de tipo rehundido para uso pesado. Aunque el ancho de junta encofrada requerido (A) y la profundidad y el ancho rehundidos encofrados varían entre los sistemas de juntas, las tolerancias especificadas por el fabricante para la caja de encofrado de concreto son iguales para todos los sistemas. Estas tolerancias requieren que la caja de encofrado de concreto se forme dentro de $\pm 1/8$ pulg. (3 mm) para mantener una desviación máxima permisible de $1/4$ pulg.

Estos requisitos no son compatibles con las tolerancias de encofrado del ACI 117 y no son alcanzables por los contratistas de concreto en condiciones normales. Algunos fabricantes no proporcionan tolerancias explícitas para la caja de encofrado; un ejemplo extremo podría indicar: "El contratista deberá proporcionar cajas de encofrado de concreto y aberturas de junta de dilatación correctamente encofradas, construidas con las dimensiones y elevaciones exactas indicadas en los planos estándar del sistema del fabricante o como se muestra en los planos del contrato."



Requisitos Adicionales del Fabricante para Cajas de Encofrado

Más allá de las tolerancias dimensionales, los fabricantes de juntas de dilatación imponen otros requisitos que deben abordarse durante la conferencia previa a la construcción. Los diseñadores deben advertir al propietario que estas discusiones frecuentemente derivan en órdenes de cambio—que afectan al contratista de concreto, al instalador de juntas de dilatación,

o a ambos. Abordar estas restricciones con anticipación permite al contratista y al instalador negociar responsabilidades y minimizar el costo general.

Los requisitos comunes del fabricante incluyen:

- Ajuste de la abertura de la junta: “El fabricante y el ingeniero del proyecto deberán proporcionar conjuntamente cálculos al subcontratista de concreto para ajustar la abertura nominal de la junta al día del colado del concreto”¹²;
- Acabado de superficie de la caja de encofrado: “El concreto deberá ser nivelado y alisado con llana antes del curado final para eliminar todas las bolsas de aire, vacíos y descascamientos causados por el encofrado”¹²;
- Caras verticales de la caja de encofrado: “Las aberturas de la junta deben tener paredes laterales paralelas y dimensionalmente consistentes”¹³;
- Bordes de la caja de encofrado: “Los bordes de la abertura de la junta deben ser biselados para ayudar a prevenir pequeñas fracturas y descascamientos”¹³;
- Paredes laterales de la caja de encofrado: “Libres de agentes desmoldantes”¹³;
- Acabado de superficie de concreto: “El concreto a dos pies a cada lado de la abertura de la junta deberá estar terminado y nivelado perpendicularmente a la abertura de la junta, creando una transición rasante losa-a-losa con elevaciones idénticas”¹³; y
- Elevación de superficie de concreto: “La elevación de la losa de concreto terminada deberá ser idéntica para un área de transición de dos pies a cada lado de la abertura de la junta de dilatación.”¹³

Caja de Encofrado de Concreto: Acciones Correctivas Comunes en Campo

Cuando una caja de encofrado de concreto no tiene el tamaño exacto requerido para la instalación de la junta de dilatación, el instalador debe realizar costosas acciones correctivas en campo. Estas reparaciones pueden superar los 100 USD por pie lineal, especialmente cuando se requiere esmerilado con diamante o relleno con mortero epóxico. La coordinación efectiva entre el diseño y la construcción es esencial para minimizar estos costos.

- Demasiado ancha: Reconstruir la junta vertical con imprimante y mortero epóxico;
- Demasiado estrecha: Esmerilar con diamante o cortar con sierra las superficies de concreto verticales;
- Demasiado lisa: Esmerilar con diamante o granallas para lograr el perfil requerido;
- Demasiado profunda: Reconstruir la cara horizontal con mortero epóxico; y
- Demasiado superficial: Esmerilar con diamante la superficie horizontal para lograr la profundidad requerida.

Especificación del Momento de Instalación

El momento de instalación puede basarse en la edad (tiempo transcurrido desde el colado del concreto), el ancho de la abertura (distancia entre los bordes de la junta) o la temperatura (preferentemente la temperatura del concreto, no la temperatura del aire). Cuando la instalación está controlada por el ancho de la abertura o la temperatura del concreto, el ingeniero debe proporcionar los procedimientos de medición requeridos, incluyendo dónde, cómo y en qué condiciones deben tomarse las mediciones. Al momento de la instalación de la junta, el ancho de la junta habrá cambiado considerablemente—comportándose esencialmente como una junta de dilatación abierta—y no se encontrará en la posición original de construcción.

Tabla 4.5.
Movimientos estructurales estimados.

Movimientos estructurales						
Durante la construcción, la estructura experimentará movimientos y deflexiones normales. Las siguientes son estimaciones del comportamiento de la estructura. Los acabados arquitectónicos y los componentes no estructurales deben diseñarse y detallarse para acomodar estos movimientos.						
A	Deflexión vertical en centro de vano	Inicial	3 meses	6 meses	12 meses	24 meses
	Panel de esquina	−3/4 pulg.	−1-1/2 pulg.	−1-5/8 pulg.	−1-3/4 pulg.	−2 pulg.
	Panel de borde	−1/2 pulg.	−1 pulg.	−1-1/8 pulg.	−1-1/4 pulg.	−1-3/8 pulg.
	Panel interior	−3/8 pulg.	−3/4 pulg.	−7/8 pulg.	−1 pulg.	−1-1/8 pulg.
B	Deflexión vertical en borde	Inicial	3 meses	6 meses	12 meses	24 meses
	Panel de esquina	−1/4 pulg.	−1/2 pulg.	−5/8 pulg.	−5/8 pulg.	−5/8 pulg.
	Panel de borde	−1/8 pulg.	−1/4 pulg.	−1/4 pulg.	−3/8 pulg.	−3/8 pulg.
	Losa voladizo (vano paralelo al tramo de entramado)	+1/8 pulg.	+1/4 pulg.	+1/4 pulg.	+3/8 pulg.	+3/8 pulg.
	Losa voladizo (vano perpendicular al tramo de entramado)	−1/4 pulg.	−1/2 pulg.	−5/8 pulg.	−5/8 pulg.	−5/8 pulg.
C	Postensado	Inicial	3 meses	6 meses	12 meses	24 meses
	Movimiento horizontal en borde perimetral	0 pulg.	−3/4 pulg.	−7/8 pulg.	−1 pulg.	−1-1/8 pulg.
	Inclinación de columna perimetral	0 pulg.	−3/4 pulg.	−7/8 pulg.	−1 pulg.	−1-1/8 pulg.

Fig. 3: Estimación del movimiento horizontal perimetral debido al postensado, tal como se presenta en los planos estructurales (de la Referencia 3)

Protección y Reparación de Juntas

El contratista general controla el sitio, lo que le permite restringir el acceso del tráfico de construcción a ciertas ubicaciones y niveles. El contratista general también puede proporcionar protección de juntas en los lugares de tráfico de construcción. En las ubicaciones de juntas sin protección, el tráfico de construcción puede descascarar los bordes, generando más trabajo de reparación.

Es importante incluir consideraciones sobre reparaciones. Un punto de controversia es el material de reparación; los contratistas de concreto generalmente reparan utilizando lechada cementicia, mientras que los instaladores de juntas usan lechada epóxica. Los fabricantes de juntas generalmente recomiendan remover la lechada cementicia, ya que no es tan resistente como la lechada epóxica. Asimismo, debe determinarse qué subcontratista está mejor capacitado para realizar las reparaciones y mantener la garantía.

Incluso con una consolidación adecuada, las bolsas de aire alrededor de la caja de encofrado son inevitables—particularmente donde los anclajes de postensado y la armadura crean congestión. La consolidación hace que las burbujas de aire suban desde la superficie del concreto; sin embargo, las burbujas ascendentes quedan atrapadas bajo el encofrado de la caja. Estos vacíos, junto con grietas y descascaramientos, deben anticiparse y repararse antes de instalar la junta de dilatación. Los bordes de la junta también mostrarán diferencias de elevación y no permanecerán con caras limpias a 90 grados; el tráfico de construcción típicamente provoca descascaramientos localizados en estos bordes.

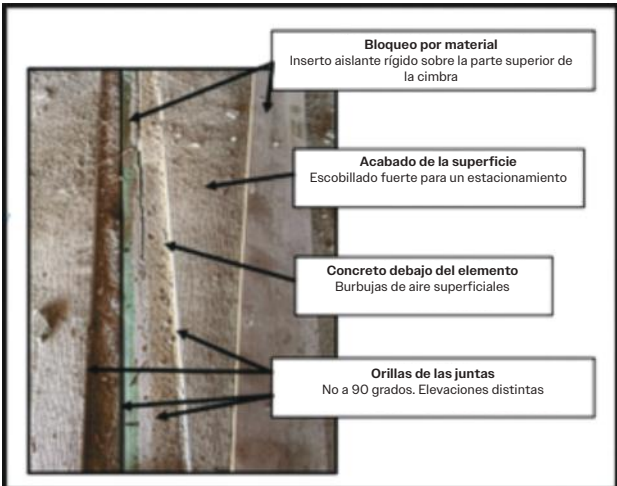


Fig. 4: Caja de encofrado de junta de dilatación en estructura de estacionamiento.

Lista de verificación para la coordinación del diseño y la construcción de las juntas de expansión en edificios de concreto.

1. Disposición y alineación de la junta

- Verificar que las ubicaciones de las juntas coincidan con los planos arquitectónicos y estructurales;
- Confirmar la continuidad a través de losas, muros, vigas y acabados; y
- Verificar conflictos con aberturas, elementos embebidos y barras de refuerzo, así como con instalaciones mecánicas, eléctricas y plomería (MEP).

2. Condiciones del borde de concreto

- Confirmar las tolerancias de encofrado como variación prevista en la condición construida;
- Verificar que las cajas de encofrado, rehundidos y biseles cumplan los requisitos; y
- Verificar los recubrimientos de refuerzo alrededor de las cajas de encofrado y anclajes.

3. Requisitos del fabricante (MPII)

- Confirmar el rango de abertura de la junta (mínimo/máximo/nominal);
- Verificar las tolerancias del sustrato (planicidad, verticalidad y condición del borde);
- Verificar el tipo de anclaje, espaciamiento y requisitos de sujetadores; y
- Confirmar la compatibilidad con impermeabilización, barreras contra incendio y acabados.

4. Consideraciones de movimiento

- Revisar los supuestos de movimiento térmico;
- Tener en cuenta la contracción y fluencia del concreto antes de la instalación;
- Estimar los movimientos horizontales y verticales debidos al postensado;
- Confirmar los requisitos de movimiento sísmico (si aplica); y
- Validar los supuestos utilizados para determinar la abertura de instalación.

5. Momento de instalación

- Confirmar la base del momento:
 - Edad del concreto (por ejemplo, 3 a 6 meses),
 - Abertura medida entre bordes, o
 - Temperatura del concreto;

6. Coordinación con sistemas adyacentes

- Confirmar los acabados de piso (baldosa, terrazo, alfombra y recubrimientos);
- Verificar los acabados de paredes/cielos rasos y revestimientos;
- Coordinar las membranas de impermeabilización (plazas, cubiertas y sótanos);
- Verificar los ensambles de juntas resistentes al fuego; y
- Asegurar que las instalaciones MEP no crucen las líneas de junta.

7. Contenido requerido de los planos de taller

- Proporcionar vistas en planta, sección e isométrica de cada condición de junta;
- Mostrar las aberturas de junta dimensionadas en la instalación y en el movimiento completo;
- Detallar el espaciamiento del anclaje y los requisitos de elementos embebidos;
- Transiciones, esquinas, tees y cambios de elevación; y
- Detallar la integración de la impermeabilización y la barrera contra incendio.

8. Verificación en campo antes de la instalación

- Medir y registrar la abertura real de la junta;
- Verificar las tolerancias del sustrato (planitud, aplomado y alineación);
- Confirmar que las cajas de encofrado/rehundidos coincidan con los planos de taller;
- Verificar la presencia de obstrucciones o conflictos; y
- Registrar la temperatura del concreto si es requerido.

9. Aprobación de coordinación

- Arquitecto;
- Ingeniero estructural;
- Fabricante (recomendado);
- Contratista general;
- Contratista de concreto;
- Instalador de juntas de dilatación; y
- Subcontratistas de impermeabilización/sellado contra fuego/acabados.

Los desafíos constructivos asociados a la preparación de cajas para juntas de expansión en estructuras de estacionamiento se ilustran en la Fig. 4. El acabado rugoso especificado con escobillado genera dificultades para la instalación de la junta de expansión, debido a que las superficies escobilladas son inherentemente irregulares, no planas y, con frecuencia, producen pequeñas diferencias de nivel en cada borde de la losa.

Para evitar el esmerilado extensivo y costoso, ACI PRC-117.1-14 recomienda formar las cajas de encofrado ligeramente más grandes que las dimensiones requeridas y luego utilizar mortero epóxico para nivelar y lograr las tolerancias de instalación necesarias. Las acciones correctivas comunes para las cajas de encofrado se resumen en el recuadro de texto adjunto.

Referencias

1. Joint ACI-ASCC Committee 117, "Specification for Tolerances for Concrete Construction and Materials (ACI SPEC-117-10) (Reapproved 2015)," American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2010, 76 pp.
2. ACI Committee 224, "Joints in Concrete Construction (ACI PRC-224.3-95) (Reapproved 2013)," American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 1995, 41 pp.
3. ACI Committee 362, "Guide for the Design and Construction of Durable Concrete Parking Structures (ACI PRC-362.1-12) (Reapproved 2024)," American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2012, 24 pp.
4. ACI Committee 117, "Guide for Tolerance Compatibility in Concrete Construction (ACI PRC-117.1-14)," American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2014, 47 pp.
5. Chrest, A.P.; Smith, M.S.; Bhuyan, S.; Monahan, D.R.; and Iqbal, M., Parking Structures: Planning, Design, Construction, Maintenance and Repair, third edition, Kluwer Academic Publishers, Norwell, MA, 2001, 856 pp.

6. Iqbal, M., "Design of Expansion Joints in Parking Structures," PTI JOURNAL, July 2012, pp. 20-28.
7. Iqbal, M., "Thermal Movements in Parking Structures," ACI Structural Journal, V. 104, No. 5, Sept.-Oct. 2007, pp. 542-548.
8. ASTM E1155-20, "Standard Test Method for Determining FF Floor Flatness and FL Floor Levelness Numbers," ASTM International, West Conshohocken, PA, 2020, 8 pp.
9. Suprenant, B.A., and Malisch, W.R., "Movements That Affect Tolerance Measurements," Concrete International, V. 38, No. 7, July 2016, pp. 27-32.
10. PTI Committee DC-20, "Design, Construction and Maintenance of Cast-in-Place Post-Tensioned Concrete Parking Structures (PTI DC20.7-01)," Post-Tensioning Institute, Farmington Hills, MI, 2001, 173 pp.
11. Alami, B.O., and Barth, F.G., "Cracking in Prestressed Concrete Structures," Cracking in Prestressed Concrete Structures, SP-113, G.T. Halvorsen and N.H. Burns, eds., American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 1989, pp. 157-202.
12. MM Systems Corporation, "Waterproof Expansion Joint Systems," Specification sections 07 90 00 and 07 95 00, MM Systems, Pendergrass, GA, 2009, 14 pp.
13. Watson Bowman Acme, "Wabo®InverSeal Horizontal and Vertical Expansion Control Systems," Specification Section 07900/079500, Watson Bowman Acme, Amherst, NY, 5 pp.

Agradecemos a Frank Salzano, Director de Control de Calidad de Ceco Concrete Construction, LLC, Centreville, VA, EE. UU.; a Ron L. Kozikowski, de North S. Tarr Concrete Consulting, P.C., Dover, NH, EE. UU.; a James E. Klinger, Consultor de Concreto, Antioch, CA, EE. UU.; a Jeremiah Mistele, Gerente Técnico y de Riesgos de Procon, Inc., Rocky Mount, VA, EE. UU.; a Eamonn Connolly, Director de Ingeniería de McHugh Engineering Group, LLC, Chicago, IL, EE. UU.; y a Bruce A. Suprenant, Consultor de Concreto, Tucson, AZ, EE. UU., por proporcionar la respuesta a esta pregunta.

Las preguntas de esta columna fueron realizadas por usuarios de documentos del ACI y han sido respondidas por el personal del ACI o por uno o más miembros de comités técnicos del ACI. Las respuestas no representan la posición oficial de un comité del ACI. Los comentarios deben enviarse a lacey.stachel@concrete.org.

Título original en inglés:
Concrete Q&A
Expansion Joint
Preconstruction Conference
for Post-Tensioned
Concrete Parking Structures

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



Traducción:
**Est. Efrin Luis
Albujar Roque**



Revisión Técnica:
**Ing. Karen Jhazmin
Valencia Cruz**

Disciplinas clave para avanzar como lanzador de concreto

De operador a experto consciente en concreto lanzado

Por Raúl A. Bracamontes

(Traducción al español editada por Raúl A Bracamontes.)

(Artículo publicado originalmente en la revista Shotcrete del segundo trimestre de 2026.)

El desempeño del concreto lanzado a menudo se atribuye al diseño de la mezcla, al equipo o a los materiales. Sin embargo, la experiencia en campo demuestra consistentemente que el factor más influyente en la calidad final del concreto lanzado es el lanzador (anteriormente llamado boquillero). Este artículo describe las disciplinas clave que permiten a un lanzador evolucionar de operador mecánico a técnico consciente: uno que interpreta activamente el comportamiento del material fresco, reduce el rebote, mejora la compactación y optimiza la productividad en tiempo real.

En la colocación de concreto lanzado, se dedica un esfuerzo significativo a optimizar las proporciones de la mezcla, seleccionar materiales cementantes y aditivos, y garantizar la calidad del equipo (equipo de concreto lanzado vía seca, bomba, compresores, sistema de transporte, etc.). Aunque estos factores son críticos, numerosas evaluaciones en campo han demostrado que la mayor variabilidad en la calidad del concreto lanzado se origina en el factor humano: Dos lanzadores pueden trabajar con la misma mezcla de concreto, el mismo equipo y bajo condiciones ambientales idénticas, y aun así producir resultados marcadamente diferentes.

Según CCS-4: “El lanzador es el artesano que dirige físicamente la colocación del concreto lanzado. El lanzador tiene la responsabilidad final sobre la calidad del concreto colocado y es un miembro extremadamente importante del equipo. El lanzador debe comprender los materiales, el equipo, los procedimientos de seguridad y las técnicas adecuadas de colocación para producir concreto duradero y de alta calidad.”

La diferencia no radica en los materiales o el equipo, sino en el nivel de conciencia del lanzador, su disciplina técnica y su capacidad para responder a la retroalimentación visual durante la aplicación.

Comprender y desarrollar estas disciplinas es esencial para mejorar tanto el desempeño estructural como la eficiencia constructiva.



Fig. 1: Dos núcleos (realizados por dos lanzadores diferentes con la misma mezcla de concreto) producen resultados muy distintos.

De Operador a Experto: Un Cambio de Mentalidad

Muchos lanzadores en etapas iniciales operan en un modo automático, repitiendo movimientos aprendidos sin evaluar continuamente los resultados de sus acciones durante la aplicación del concreto lanzado. Aunque la experiencia puede refinar estos movimientos con el tiempo, la ejecución automática por sí sola no garantiza calidad.

En contraste, un lanzador experto trabaja con conciencia situacional constante. Observa el comportamiento del material durante la colocación, ajusta la técnica en tiempo real (distancia, ángulo, espesor de capa, etc.) y evalúa críticamente su propia aplicación, tomando acciones correctivas inmediatas. Esto representa no solo una progresión técnica, sino también un cambio cognitivo: pasar de ejecutar una tarea a gestionar un proceso. Esto plantea una pregunta importante: ¿quién es responsable de la capacitación del lanzador?

En muchos proyectos, se espera que los lanzadores aprendan principalmente mediante la experiencia en campo, a menudo sin guía estructurada ni instrucción formal. Sin embargo, dado el impacto directo del desempeño del lanzador en la calidad del concreto lanzado, la capacitación debe ser una responsabilidad compartida entre contratistas, supervisores, ingenieros y organizaciones del sector. Los programas efectivos deben combinar conocimiento teórico, práctica en campo y evaluación continua para asegurar que los lanzadores desarrollen no solo habilidades manuales, sino también una comprensión profunda del material y del proceso que controlan.

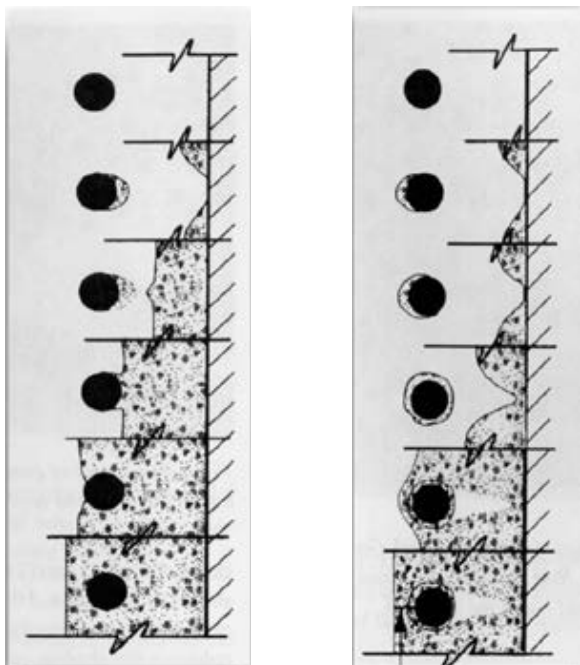


Fig. 2: Señales visuales de colocación con refuerzo: correcta (IZQUIERDA) e incorrecta (DERECHA).



Fig. 3: Lanzador utilizando una postura adecuada para la colocación de concreto lanzado.

Disciplina de la Auto Observación

La primera y más importante disciplina es la capacidad de reconocer las señales visuales de calidad durante la ejecución del trabajo.

La aplicación del concreto lanzado es un proceso dinámico, y el lanzador debe evaluar continuamente indicadores como la consistencia del material, los niveles de rebote, la apariencia de la superficie, el grado de compactación, el recubrimiento del acero de refuerzo y el control del rocío.

Durante la aplicación, diversos indicadores visuales permiten confirmar una colocación y consolidación adecuadas. Una superficie ligeramente brillante, resultado de una adecuada compactación con suficiente pasta en la superficie de recepción, es uno de los signos más confiables de una correcta aplicación. El acero de refuerzo debe permanecer visible y limpio durante la proyección, sin vacíos ni sombras detrás de las barras. El material debe encapsular progresivamente el refuerzo, permitiendo que quede completamente rodeado antes de cubrirlo en su totalidad.

Los lanzadores deben ser capaces de realizar ajustes en tiempo real —en fracciones de segundo— cuando se observan cambios en la trabajabilidad del material, contenido de agua (en mezcla seca), velocidad de proyección, energía de impacto o distancia y ángulo de la boquilla. El control continuo del rebote y del rocío es esencial, ya que cualquier incremento en estos fenómenos suele ser una de las primeras señales de desviaciones en la calidad de la aplicación.

Sin una observación continua y atenta del propio desempeño, los errores suelen pasar desapercibidos hasta la inspección o el ensayo, momento en el cual su corrección resulta costosa e ineficiente.

Disciplina en el Control del Equipo

El concreto lanzado puede aplicarse manualmente o mediante sistemas de boquilla controlados de forma remota, dependiendo de los requerimientos del proyecto. Los principios de control, sin embargo, son los mismos.

En la aplicación manual, el lanzador asegura la manguera entre las piernas, ya que los músculos de las piernas son los más fuertes y adecuados para resistir las fuerzas de reacción generadas por el sistema. La manguera no debe apoyarse sobre el hombro ni cargarse a un lado. El operador utiliza su

cuerpo para contrarrestar la fuerza del chorro a alta presión. El lanzador no “carga” la manguera, sino que controla la dirección de la boquilla, manteniendo la distancia y perpendicularidad adecuadas respecto a la superficie de recepción.

El control del equipo es una extensión del control del operador. El lanzador debe mantener un dominio constante de variables clave como el ángulo de la boquilla, la distancia de proyección, la velocidad de avance, el patrón de proyección y los ajustes de aire, agua y acelerante (cuando se utilice). Mantener un ángulo cercano a la perpendicular con respecto a la superficie de recepción favorece una mejor compactación y reduce el rebote.

Al mismo tiempo, el lanzador debe evaluar continuamente el comportamiento del concreto en el momento del impacto. La apariencia, textura y respuesta del material proporcionan retroalimentación inmediata sobre si los parámetros de aplicación son adecuados o requieren ajuste.

Los lanzadores expertos desarrollan la memoria muscular y la conciencia espacial necesarias para controlar estas variables de manera precisa y consistente, lo que les permite realizar ajustes rápidos y casi instintivos mientras mantienen una colocación uniforme y una alta calidad de compactación.

Disciplina de la Atención Sostenida

La concentración es uno de los factores más subestimados en la calidad del concreto lanzado. El proceso de aplicación exige atención continua a señales visuales, auditivas y táctiles.

El lanzador es el primero en detectar cambios en el comportamiento del material o en el desempeño del equipo, como variaciones en el sonido de proyección, en la textura de la superficie o en la trayectoria del rebote.

La pérdida de atención suele traducirse en defectos inmediatos: mala compactación, sombras detrás del refuerzo o espesores irregulares. Mantener la atención plena durante toda la aplicación no es solo una cuestión de profesionalismo, sino un requisito técnico fundamental para asegurar la calidad.



Fig. 4: Proyección en bancada.

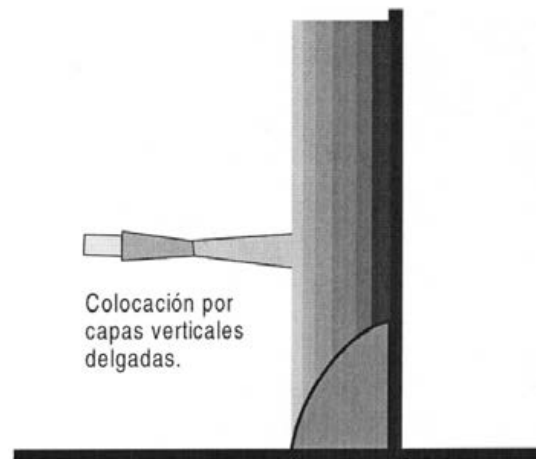


Fig. 5: Capas verticales.

Técnicas de Colocación de Concreto Lanzado

Existen dos métodos principales para la colocación del concreto lanzado: proyección en bancada y colocación por capas verticales. Cada método implica técnicas específicas, y el lanzador debe comprender los principios y aplicaciones de ambos.

La proyección en bancada se utiliza típicamente en muros de gran espesor o en secciones con alta densidad de refuerzo. En este método, el material se aplica con un ángulo aproximado de 45 grados respecto a la superficie de recepción, la cual actúa como una “banca” temporal. Este enfoque permite colocar capas más gruesas de manera eficiente, controlar el rebote y asegurar una adecuada compactación.

La colocación por capas verticales consiste en construir el concreto lanzado directamente sobre superficies verticales o casi verticales, capa por capa,

de abajo hacia arriba. Este método requiere un control cuidadoso del ángulo de la boquilla, la distancia y la cohesión del material para evitar deformaciones, deslizamientos o espesores irregulares.

Un lanzador competente sabe cuándo emplear cada técnica en función de la geometría del elemento, el espesor del muro, las condiciones de la superficie y los requisitos estructurales.

Disciplina en la Lectura del Concreto Lanzado

La colocación de concreto lanzado no es un proceso de “pintar” una superficie. Es un proceso de colocación de concreto que comunica su condición a través de señales visibles y medibles.

Una superficie arenosa, opaca o sin brillo generalmente indica energía de impacto insuficiente, ángulo incorrecto de la boquilla o contenido inadecuado de agua (en mezcla seca). Cuando se aplica correctamente, la superficie debe presentar una apariencia ligeramente brillante, reflejo de una adecuada compactación y cobertura de pasta.

La textura superficial debe ser ligeramente rugosa, lo que generalmente indica una distancia adecuada de laboquilla. Si la distancia es demasiado corta, el material impacta con exceso de energía y forma cráteres. Si es demasiado lejos, el material pierde velocidad, reduciendo la compactación.

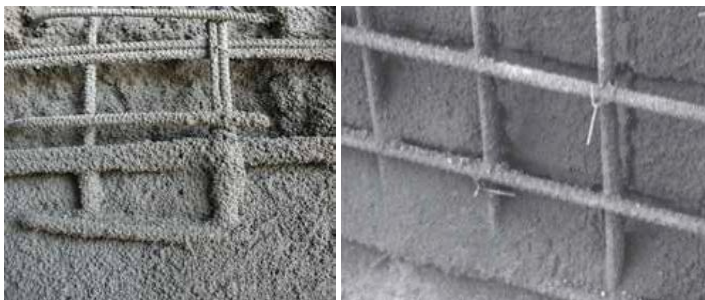


Fig. 6: Superficie arenosa u opaca durante la aplicación.



Fig. 7: Resultados de distancia: adecuada, muy lejos y muy cerca.

La ondulación superficial indica que el ángulo de proyección es demasiado inclinado, provocando flujo lateral en lugar de compactación uniforme. Ondulaciones persistentes pueden permitir que el chorro actúe como un proceso erosivo, removiendo material previamente colocado.

El nivel de rebote está estrechamente relacionado con la calidad de la colocación. Niveles elevados indican deficiencias en la técnica y requieren corrección inmediata.

Comprensión del Material

El lanzador no debe limitarse a la ejecución mecánica; debe comprender el material.

El conocimiento de la relación agua-cemento, la función del acelerante, el contenido de aire, la consistencia de la mezcla, los efectos de la temperatura y el comportamiento de hidratación temprana proporciona una base científica para la toma de decisiones.

La comprensión del concreto lanzado va más allá de la teoría: requiere interacción directa con el material en condiciones reales de obra. La experiencia práctica, combinada con conocimiento técnico, permite al lanzador reconocer cambios en el comportamiento del material, ajustar la técnica en tiempo real y comunicarse eficazmente con ingenieros y supervisores cuando las condiciones del proyecto lo requieren.

Como señala un antiguo principio de la industria:

“Para hacer buen concreto, hay que estudiar, salir a la obra, ensuciarse los zapatos, meter las manos en el material y tratarlo con respeto. Es el único lenguaje que este material entiende.”

Disciplina en el Control de Calidad

Los lanzadores expertos integran la verificación en su trabajo diario. Esto incluye el control de espesores aplicados, la evaluación de paneles de prueba, la revisión de núcleos y la comparación de resultados con las especificaciones del proyecto.

Al vincular la práctica en campo con los resultados de laboratorio e inspección, los lanzadores pueden perfeccionar su técnica con base en datos objetivos.



Fig. 8: Ondulación superficial por ángulo incorrecto.

Disciplina de Mejora Continua

La experiencia por sí sola no garantiza la excelencia. La repetición sin reflexión puede reforzar malos hábitos.

Los lanzadores expertos analizan errores, ajustan métodos y buscan consistencia en cada aplicación. Los errores son inevitables, pero su repetición indica falta de disciplina.

Una ventaja del concreto lanzado es que los errores son visibles de inmediato, lo que permite corregirlos antes del endurecimiento.

Conclusión

La evolución de un lanzador desde operador hasta experto depende no solo del tiempo en campo, sino de la calidad de la práctica y de las disciplinas que la guían.

La capacitación estructurada, el desarrollo continuo de habilidades, la autoobservación, el control del equipo, la atención sostenida, la comprensión del material, el control de calidad y el compromiso con la mejora continua constituyen la base de una aplicación profesional del concreto lanzado.

En última instancia, la calidad del concreto lanzado no se define en la planta de producción, sino en la boquilla, sobre la superficie de recepción.

El desarrollo de lanzadores que operen con conciencia, disciplina y conocimiento técnico es una de las formas más efectivas de elevar el nivel de la construcción con concreto lanzado.

Por esta razón, la capacitación, certificación y evaluación continua de los lanzadores son esenciales para lograr un desempeño consistente y confiable.

Referencias

1. ACI 506 PRC-22 Guía de shotcrete
2. ACI CCS-4(20): Shotcrete para el artesano

Raúl Armando Bracamontes

Jiménez, Ing., se graduó del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente (ITESO) en 1994 con el título de Ingeniero Civil. Desde entonces, ha desarrollado su trayectoria profesional en la industria del concreto, participando en proyectos en 26 países. Actualmente es fundador y director de Bracamontes Consulting LLC, empresa especializada en consultoría técnica en concreto lanzado y tecnología del concreto a nivel internacional. Bracamontes es bilingüe (español-inglés) y ha publicado múltiples artículos técnicos, además de impartir cursos y conferencias sobre concreto lanzado. Es Inspector Certificado en Shotcrete por el American Concrete Institute (ACI) y Approved Examiner. Es miembro del American Concrete Institute (ACI) y participa en comités relacionados con concreto lanzado. Asimismo, es miembro del Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto (IMCyc), del Instituto Peruano del Cemento y del Concreto (IPCyc) y de la American Shotcrete Association (ASA). Actualmente se desempeña como Editor de Traducción al Español de Shotcrete Magazine, publicación oficial de la ASA.





CONCRETO
LATINOAMÉRICA