

CONCRETO

LATINOAMÉRICA

VOLUMEN V | NÚMERO 8 | AGOSTO 2024



El Histórico Viaducto de Tunkhannock Celebra 108 Años

Cómo un puente destacado por el ACI en 1916
sigue siendo hoy día un testimonio de la durabilidad del concreto

Por Rachel T. Schick

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. Luis Alvarez Valencia
Ing. Xiomara Sapón Roldán

México Noreste

Dr. Jorge Maurilio Rivera Torres

México Noroeste

Ing. Óscar Ramírez Arvizu

México Centro y Sur

Ing. José Alfredo Rodríguez Campos

México Sureste

Mtro. Josseph Eli Mandujano Zavala

República Dominicana

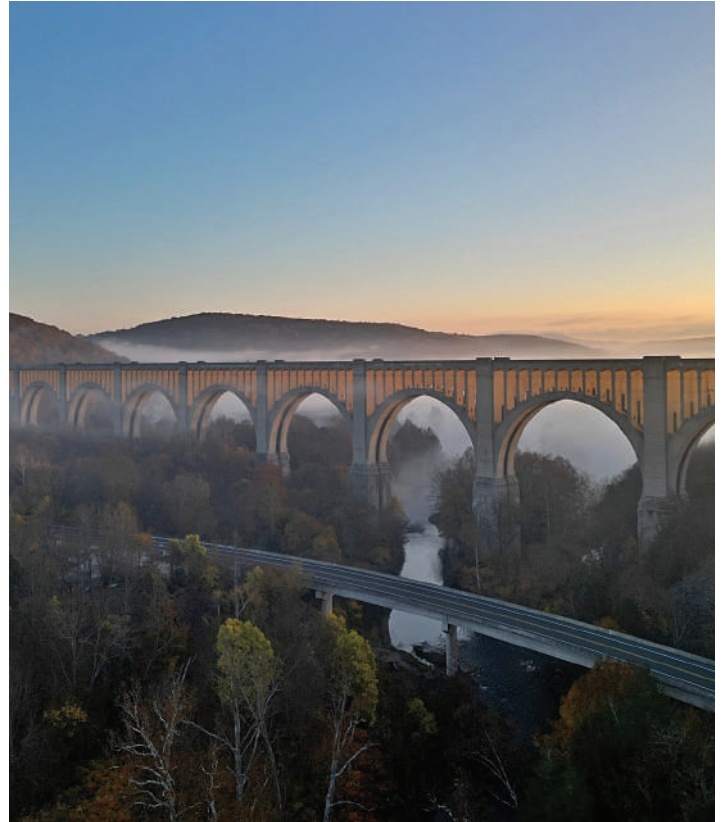
Ing. Piero Roberto Caputo Rodríguez

Perú

Ing. Julio Antonio Higashi Luy

Puerto Rico

Ing. Anabel N. Merejildo



La durabilidad del concreto es hoy un tema de suma importancia dada la necesidad de la industria de ser más sustentable. Una estructura que ha resistido el paso del tiempo es el Viaducto Tunkhannock en Pensilvania, EE.UU., que hoy celebra sus primeros 108 años de existencia. Esta obra fue objeto de reconocimientos al momento de su terminación en 1915. El ACI publicó en actas de la 12ª Convención Anual en 1916 detalles relacionados con su construcción y proyecto. El viaducto tiene 724 m (2,375 ft) de longitud, por 10 m (34 ft) de ancho y cruza a 73 m (240 ft) por encima de la corriente del río. Está compuesto por 10 arcos centrales de 55 m (180 ft) de diámetro cada uno y dos arcos de contrafuerte de 31 m (100 ft) en cada extremo. Todo un logro para su época. (Fotografía cortesía de Josh Stull)

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

Editor en Jefe:

Ing. José Lozano y Ruy Sánchez

Editores Asociados:

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

Asesor Técnico:

Dr. Alejandro Durán Herrera

Traducción:

Lic. Iliana M. Garza Gutiérrez

Comité de Artículos Originales

Ing. Xiomara Sapón Roldán
Ing. Thyssen Won Chang

Revisión Editorial:

Lic. Iliana M. Garza Gutiérrez

Administración y Logística:

Lic. Ana Durán Herrera

Dirección Creativa:

MDG. Rosa Otilia Armendariz Solís

Diseño Gráfico:

LDI. Hannia Annett Molina Frías
LDG. Anakaren Lozano González

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


Diseño Editorial: Comunicación e Imagen Institucional FIC-UANL

REVISORES EDITORIALES

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


Lic. Iliana M. Garza Gutiérrez
Ing. José Lozano y Ruy Sánchez
Dra. Margareth Josefina Dugarte Coll

Dr. Francisco René Vázquez Leal
Dr. Lucio Guillermo López Yépez



¡Únete hoy!

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



CONTENIDO

1 | De la Política a la Implementación: Construcción con Concreto de Carbono Reducido

Reseña de la Cumbre NEU Primavera 2024

4 | Novedades en Tecnología. Acelerando los Procesos de Lavado de Sobrantes de Concreto para Incrementar la Productividad y las Utilidades

Por Del Williams

2 | Construcción del FORTH Atlanta

Con una retícula diagonal estructural de
concreto

Por Robert M. Weilacher, Jesse Fortner y Todd Hamby

5 | Preguntas y Respuestas. “Regla de los 90 Minutos” para Concreto Premezclado

3 | El Histórico Viaducto de Tunkhannock Celebra 108 Años

Cómo un puente destacado por el ACI en 1916
sigue siendo hoy día un testimonio de la
durabilidad del concreto

Por Rachel T. Schick

6 | El Uso de Acelerantes de Fraguado en Concreto Lanzado

Por Ing. Raúl Bracamontes

CONVOCATORIA

CONCRETO LATINOAMÉRICA

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

*Descarga la Guía
de Publicación*



¡Escanea para
conocer los
requisitos!

*Llena la Carta
de Solicitud*



¡Escanea para
completar tus
datos!

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

Tu solicitud y artículo serán evaluados para su publicación.

01

De la Política a la Implementación: Construcción con Concreto de Carbono Reducido

Reseña de la Cumbre NEU Primavera 2024

NEU: un Centro de Excelencia del ACI para Concreto Neutro en Carbono, llevó a cabo su Cumbre de Primavera 2024 titulada “De la Política a la Implementación: Construcción con Concreto de Carbono Reducido” el 23 de mayo de 2024, en el campus de la Universidad de California, Davis (UC Davis), Davis, CA, EE. UU. Dean Frank, director ejecutivo de NEU, inauguró la Cumbre de Primavera 2024 con un resumen de la Cumbre de Otoño 2023 de NEU. La cumbre de otoño, que tuvo lugar en Baltimore, MD, EE. UU, reunió a miembros de NEU y representantes de diversas agencias federales. Fundamentalmente, el propósito de la Cumbre de Otoño 2023 fue conocer las iniciativas de las agencias federales orientadas a incrementar el uso de materiales de concreto con menor contenido de carbono y debatir cómo NEU puede respaldar estos esfuerzos.

Frank señaló que la Cumbre de Primavera 2024 se centraría en los esfuerzos de los funcionarios estatales y locales de California con respecto a aumentar el uso de materiales y tecnologías de carbono reducido en la construcción de concreto. Al igual que en la cumbre anterior, los objetivos incluían conocer los desafíos y barreras que impiden la implementación de materiales de concreto de carbono reducido, así como NEU podría ayudar a superar esos desafíos.

Discusiones previas mostraron que, si bien todos los interesados necesitan educación, el enfoque inicial de NEU debería ser el de informar a los profesionales del diseño, es decir, las personas que asumen muchos de los riesgos asociados con la introducción de nuevos materiales de construcción.

Esas discusiones también destacaron la complejidad de introducir soluciones alternativas y nuevos productos en el mercado de la construcción, lo que indica que NEU debería fomentar la colaboración y coordinación entre todos los interesados.



La agenda para el evento de primavera proporcionó oportunidades para discusiones entre representantes de agencias estatales, productores, contratistas, startups, investigadores, diseñadores y miembros del personal de NEU. En este artículo se proporciona un resumen de estas discusiones.

Acciones de las agencias estatales

Representantes de la División de Arquitectura del Estado de California (DSA), la Asociación de Cemento de California y Nevada (CNCA), la Red de Construcción Ecológica, el Centro de Investigación de Pavimentos de la Universidad de California (UPCRC), UC Davis, la Junta de Recursos Atmosféricos de California (CARB), la Asociación de Materiales de Construcción e Industriales de California (CalCIMA), y el Departamento de Transporte de California (Caltrans) aportaron valiosas ideas a la discusión sobre las acciones de las agencias estatales y los investigadores con respecto al aumento del uso de materiales y tecnologías de carbono reducido en la construcción de concreto en California.

CALGreen es el primer código de construcción verde de California y el primero en el país que es obligatorio a nivel estatal (<https://www.hcd.ca.gov/building-standards/calgreen>). Un representante de la DSA de California describió los requisitos del potencial de calentamiento global (GWP, por sus siglas en inglés) adoptados recientemente como suplementos a CALGreen por la Comisión de Normas de Construcción de California (CBSC) y la DSA. Los requisitos se aplican a la construcción, renovación o reutilización adaptativa de edificios comerciales de más de

9,290 m² (100,000 ft²) y proyectos escolares de más de 4,645 m² (50,000 ft²), incluyendo escuelas K-12, colegios comunitarios e instalaciones en campus de la Universidad de California (UC) o de la Universidad Estatal de California.

El cumplimiento de los nuevos requisitos puede establecerse a través de vías prescriptivas, de desempeño y de reutilización de edificios. La vía prescriptiva limita las opciones de materiales a aquellos que están por debajo del 175% del promedio nacional de referencia de la industria para el GWP. La vía de desempeño requiere una evaluación del ciclo de vida completo (LCA, por sus siglas en inglés) del edificio, cuyos resultados se comparan con proyectos de edificios de tamaño, complejidad, ubicación y materiales similares. La vía de reutilización se cumple si se preserva el 45% de la estructura principal y el envolvente de un edificio existente.

Los límites de GWP de la vía prescriptiva para el concreto fueron desarrollados por la DSA y el CBSC en colaboración con la Asociación Nacional de Concreto Premezclado (NRMCA), CalCIMA y CARB. La vía se cumple a través del cálculo del valor promedio ponderado de GWP para el concreto requerido para un proyecto, y este promedio se compara con las referencias regionales del Pacífico Suroeste desarrollados por la NRMCA (https://www.nrmca.org/wp-content/uploads/2020/10/NRMCA_REGIONAL_BENCHMARK_April2020.pdf).

Las disposiciones suplementarias fueron creadas para introducir a los diseñadores y funcionarios encargados de códigos al proceso de evaluación del GWP. El aspecto de recolección de datos de las declaraciones de productos ambientales (EPDs) será un paso crítico para que la DSA evalúe de manera definitiva los límites futuros, permitiendo ajustes a los objetivos de GWP en las actualizaciones trienales del código de construcción, así como en los suplementos de mitad de ciclo.

Se ha observado que la creciente complejidad de los códigos ha dificultado que los funcionarios encargados de los códigos hagan cumplir los requisitos. Estas observaciones indican una posible necesidad de que NEU trabaje con los funcionarios de construcción locales y sus consultores, tal vez en colaboración con los Oficiales de Construcción de California (CALBO), una corporación sin fines de lucro que promueve la salud y seguridad pública en la construcción de edificios.

También se discutieron las actividades del UCPRC, incluida su investigación diseñada para facilitar la implementación de materiales novedosos, en particular puzolanas naturales. El

Centro tiene financiación inicial de la Fundación ACI y Caltrans para realizar pruebas de laboratorio para la selección inicial, seguida de la construcción de losas de prueba para evaluar el rendimiento de los nuevos materiales antes de aplicarlos a proyectos públicos. Se está desarrollando un marco para realizar las pruebas en UC Davis y escalarlo para su uso en todo Estados Unidos y más allá (<https://www.ucprc.ucdavis.edu/LabToSlab.aspx>). UCPRC está trabajando activamente con especificaciones modelo de CNCA y aumentando su alcance en todo el estado para comprender cómo se implementan las especificaciones.

La Oficina de Pavimentos de Concreto de Caltrans es otra entidad que está tratando activamente de reducir la huella de carbono asociada con los pavimentos de carreteras de California. Esta responsabilidad se extiende más allá de esa red, ya que muchas ciudades y condados locales también siguen los códigos o especificaciones de Caltrans. Caltrans está trabajando en educar a sus diseñadores, ingenieros de materiales, equipos de investigación y desarrollo e ingenieros de mantenimiento. Los Servicios de Ingeniería y Pruebas de Materiales (METS) de Caltrans están colaborando activamente con el UCPRC y otras entidades.

Actividades del ACI

Matt Adams, Profesor Asistente de Ingeniería Civil en el Instituto de Tecnología de Nueva Jersey, Newark, NJ, EE.UU., y Presidente del Comité 323 del ACI, Código de Concreto de Bajo Carbono, presentó los requisitos del próximo Código de Concreto de Bajo Carbono (ACI CODE-323). El comité actualmente está respondiendo a comentarios públicos, por lo que el documento debería publicarse antes de finales de 2024. El comité del Código se formó después de que quedó claro que gran parte de la política pública y la legislación en desarrollo estaban siendo impulsadas por partes ajenas a la industria del concreto (y, por lo tanto, no necesariamente conscientes de las restricciones dentro de nuestra industria).

Poco después de formarse en la primavera de 2023, el comité determinó que un Código de Bajo Carbono debería establecer requisitos de desempeño, en lugar de requisitos prescriptivos.

Los puntos de referencia de desempeño se desarrollaron en torno al GWP, y el Código permite a los productores de concreto y materiales la flexibilidad para crear mezclas de concreto novedosas y comprender mejor los materiales de carbono reducido.



Las presentaciones y el intercambio abierto de información fueron el centro de atención de la Cumbre.

El comité se centró en establecer un límite de GWP (y una forma de calcularlo) para todo un proyecto. El GWP promedio se pondera por el volumen utilizado y se compara con los datos de referencia regionales apropiados. Además, el comité basó los requisitos en el tamaño del proyecto.

En futuras ediciones, se espera que el Código se expanda para incluir otros temas, como el LCA de todo el edificio. Reconociendo que los puntos de referencia de rendimiento deben basarse en datos, el Código solo es aplicable a materiales que hayan desarrollado EPDs adecuadas o que estén respaldados por datos de LCA apropiados. Las mezclas con resistencias a la compresión inferiores a 17.2 MPa (2,500 psi) o superiores a 55.2 MPa (8,000 psi) están exentas del Código, al igual que los elementos de concreto prefabricado, las cimentaciones de pilotes perforados y los sistemas de concreto proyectado.

Innovaciones en materiales y tecnologías de carbono reducido

Representantes de cuatro empresas discutieron su desarrollo de nuevos aglutinantes:

- **Ecocem** (miembro de NEU) está produciendo *fillers* con una distribución “ingenierizada” de tamaño de partículas. Estos *fillers* reducen el contenido de clínker al permitir niveles altos de reemplazo. Están trabajando con proveedores de materias primas para obtener cementos de mezcla ternaria óptimos. Ecocem ha invertido en centros de innovación, está trabajando en proyectos de demostración en Francia y espera llevar proyectos a los Estados Unidos pronto.
- **Ash Grove Cement** (miembro de NEU) está invirtiendo 60 millones de USD para producir un cemento mezclado con arcilla calcinada en una instalación en Nebraska, EE.UU.

- **Eco Material Technologies** está produciendo cemento verde (100% reemplazo de cemento) y PozzoSlag® (50% reemplazo de cemento basado en puzolanas naturales tratadas). Están construyendo una instalación de 70 millones de USD en Lakeview, OR, EE.UU., para producir 330,700 toneladas (300,000 tonnes) por año de PozzoSlag utilizando perlita como materia prima.
- **Fortera** está aumentando la producción de ReAct Pure, sus cementos hidráulicos de carbonato de calcio reactivo (vaterita). Su planta piloto en Redding, CA, EE.UU., está diseñada para producir alrededor de 13,600 toneladas (15,000 tonnes) por año.

¿Qué se necesita para una implementación exitosa?

A medida que la industria avanza hacia sistemas que son mezclas de cemento portland y materiales cementantes suplementarios (SCMs), aglutinantes alternativos y otros materiales, los equipos de proyectos necesitarán trabajar con otras entidades, como empresas de aditivos químicos, para garantizar que la reología, la colocación y las características de acabado de las mezclas con nuevos componentes sean aceptables, especialmente porque con los aglutinantes alternativos, las tecnologías de aditivos químicos existentes podrían no funcionar de la misma manera que lo hacen actualmente.

En lugar de depender únicamente de propietarios ambiciosos, arquitectos, ingenieros, productores de concreto premezclado y contratistas generales para adoptar materiales y tecnologías innovadoras, la industria necesita desarrollar especificaciones para que las utilicen amplios grupos dentro de la industria, proporcionándoles las herramientas necesarias para usar soluciones de concreto de carbono reducido. Las firmas de diseño que usen estas especificaciones abarcarán desde grandes firmas sofisticadas con extensos portafolios hasta practicantes individuales. Por lo tanto, los especificadores estarán motivados para asegurar que su material funcione bien para que sea especificado en proyectos subsecuentes.

ACI y NRMCA tienen guías de especificaciones para concreto y esos son excelentes recursos. Pero ¿cómo actualizará la industria esas especificaciones según sea necesario con el tiempo? Nos estamos moviendo de una época de estabilidad a una época de turbulencia en los materiales. Los productores solían poder llenar sus silos con materiales similares de múltiples productores, pero a medida

que se escala la producción de cada nuevo material patentado, eso no será posible.

La industria del concreto debe enfrentar el hecho de que su producto se prepara como una mezcla personalizada prácticamente cada vez. Mientras que pronto estará disponible una amplia gama de materiales, ninguno de ellos encajará perfectamente en las categorías comunes de hoy en día. Eso dificultará el análisis, el desarrollo de procedimientos de control de calidad y la construcción de conjuntos de datos y, por lo tanto, esta industria se verá desafiada a generar confianza en el desempeño futuro.

¿Quiénes deben estar en la mesa?

NEU tendrá que colaborar con los actores de la industria para asegurar el rendimiento de los nuevos productos. Desarrollar borradores de normas y presentarlos a un comité quizás aceleraría el proceso de consenso. Se aprendieron lecciones durante el lanzamiento del cemento portland-caliza (Tipo IL). El lanzamiento del cemento ternario mezclado (Tipo IT) y otros tipos de mezclas se hará de manera diferente, enfocándose en traducir la investigación en una especificación utilizable. Sin embargo, ninguna especificación o norma por sí sola puede garantizar el rendimiento del concreto, por lo que los diseñadores deben ser educados e involucrados.

Se avecinan cambios, incluyendo la adición de nuevas especificaciones en el Comité C01 de ASTM, Cemento; nuevas disposiciones y cambios asociados en ASTM C595/C595M (Cementos Hidráulicos Mezclados); y otros estándares para acomodar nuevos materiales. A medida que implementamos nuevas especificaciones y normas, debemos reconocer que no serán perfectas. Pero debemos usarlas, aprender, avanzar (esperemos que retroceder lo menos posible), aprender más y seguir avanzando.

Tenemos muchos nuevos actores en el mercado. El reciente Foro de Tecnología de la Fundación ACI en Santa Fe, NM, EE.UU., incluyó presentaciones que ayudaron a generar confianza. Pero además de evaluar las propiedades de resistencia, necesitamos evaluar el potencial de problemas de durabilidad en un camino paralelo. Es responsabilidad de los innovadores desarrollar métodos de prueba junto con los nuevos materiales. Sin embargo, habrá necesidad de barreras que eviten que los productos lleguen al mercado antes de pasar por ciertos puntos de control. Todos los actores deben estar involucrados en el desarrollo de marcos, guías, especificaciones o políticas, ya que crear estándares sin los actores clave es una receta para el fracaso.

Observaciones de los participantes

Frank alentó a los participantes a expresar sus conclusiones clave y llamados a la acción. Las observaciones generales incluyeron:

- Interés en Conocer las Posibilidades: Es de interés para contratistas, productores, diseñadores y propietarios saber qué es posible, por lo que la simple conciencia de las alternativas inspirará a otros.
- La Perfección Puede Ser el Enemigo del Progreso: Las Declaraciones Ambientales de Producto (EPD) no son perfectas, pero pueden desencadenar el progreso.
- Estamos en las Etapas Iniciales de la Recolección de Datos: Los datos son esenciales para entender dónde estamos, cuánto progreso hemos hecho y cuánto más debemos avanzar. Enfocarse en la recolección y armonización de datos, siendo capaces de hacer las comparaciones correctas de manera cohesiva y coordinando con otros estados y el gobierno federal, debería ser un esfuerzo continuo de todos.



La Cumbre incluyó muchas oportunidades para responder preguntas de los asistentes.

- **Descarbonización de Edificios:** El espacio de descarbonización de edificios está bien desarrollado en comparación con la industria del concreto y el cemento. Hay mucha oportunidad para la reducción de carbono en este espacio, para la diferenciación de productos y para la capacitación y comunicación con el público para mejorar la percepción del valor de los productos verdes.
- **Especificaciones Basadas en el Rendimiento:** Debido a que se lanzan más materiales cada día, las especificaciones deben ser más basadas en el rendimiento que prescriptivas.
- **Colaboración:** La colaboración con diferentes actores es la clave del éxito.
- **Transferencia de Conocimiento:** La transferencia de conocimiento es esencial con el aumento dramático de materiales y tecnologías innovadoras.
- **Hacia las Mejores Prácticas en Políticas:** Las cosas están comenzando a unificarse hacia las mejores prácticas en el lado de las políticas. Pero necesitamos enfocarnos más en encontrar maneras de ayudar a los grupos a establecer sus puntos de referencia con datos de buena calidad, utilizando las mejores prácticas.

Estas observaciones resaltan la necesidad de conciencia, colaboración y datos de calidad para avanzar en la implementación de materiales y tecnologías de concreto de carbono reducido.

Observaciones de California

- **El Cemento y los Requisitos de SB 596:** El cemento no puede cumplir con los requisitos de la SB 596 sin la ayuda de la industria del concreto. Por lo tanto, desarrollar un marco apropiado (que vaya más allá del sistema actual de EPD e incluya la contribución de GWP del material de refuerzo) es uno de los temas clave a resolver.
- **Diagrama de Afinidad:** Un diagrama de afinidad podría mostrar las rutas de comunicación entre todas las diversas organizaciones dentro de California y también cómo podemos comunicar las acciones de este estado a otros estados.
- **Plazo para Lograr Net Zero:** El año 2045 puede parecer un futuro lejano, pero solo tenemos siete ciclos de código para lograr el cero neto. Eso no es mucho tiempo, especialmente en un espacio impulsado por datos donde dependemos de la legislación para decirnos qué hacer y sustanciar las acciones con datos.

Asistentes a la Cumbre

- American Concrete Institute (ACI)
- American Council for an Energy-Efficient Economy (ACEEE)
- Ash Grove Cement/CRH
- California Air Resources Board (CARB)
- California Construction and Industrial Materials Association (CalCIMA)
- Master Builders Solutions
- National Concrete Pavement Technology Center (CP Tech Center)
- National Ready Mixed Concrete Association (NRMCA)
- Natural Resources Defense Council (NRDC)
- NEU Board of Direction
- NEU staff
- New Jersey Institute of Technology Ozinga Bros., Inc.
- Portland Cement Association (PCA)
- RMI
- Slag Cement Association (SCA)
- University of California, Davis (UC Davis)
- University of California Pavement Research Center (UCPRC)
- Webcor
- California Department of Transportation (Caltrans)
- California Nevada Cement Association (CNCA)
- Central Concrete
- ClimateWorks Foundation
- Division of the State Architect (DSA), California
- Eco Material Technologies
- Ecocem
- Ecological Building Network
- Fortera Corporation



Los asistentes a la Cumbre de Primavera 2024 de NEU se reunieron para una foto de grupo.

La adopción de materiales de carbono reducido requerirá medios consistentes para comunicar las propiedades de rendimiento funcional que los clientes necesitan, basadas en pruebas realizadas utilizando marcos consistentes. El cambio es una constante, por lo que es importante acostumbrarse a él. También es una oportunidad, no debe verse como una amenaza, y los asistentes a la Cumbre lo entienden. El objetivo de NEU es ayudar a otros a entenderlo también.

Visite www.neuconcrete.org para más información.

Título original en inglés:
**From Policy to Placement:
Implementing Reduced-Carbon
Concrete Construction. Review of
the NEU Spring 2024 Summit**

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



Traductores:

***Braveheart Roger
Rojas Ureta***



***Leonardo Jesús
Caffo Villalobos***



Revisores Técnicos:

***Ing. Julio Higashi
Luy***



***Ing. Jakelyn Quispe
Vásquez***

02

Construcción del FORTH Atlanta

Con una retícula diagonal estructural de concreto

Por Robert M. Weilacher, Jesse Fortner y Todd Hamby

El desarrollo en 760 Ralph McGill está ubicado en el BeltLine del histórico Fourth Ward de Atlanta, GA, USA. El desarrollo de uso mixto de New City Properties consta de tres edificios de oficinas y un espacio comercial (Cuerpo A), un hotel (Cuerpo B), y residencias multifamiliares (Cuerpo C). El Cuerpo B, el club social y el hotel FORTH Atlanta son el objeto de este artículo. Las firmas de arquitectos HKS y Morris Adjmi (MA) diseñaron el edificio. El ingeniero estructural fue Uzun+Case, LLC, y el proyecto fue construido por Bakersfield & Gorrie. El concreto fue suministrado por Thomas Concrete, y CMC suministró el armado del acero de refuerzo y el postensado.

El FORTH Atlanta tiene un estacionamiento subterráneo con un área de 17,565 m² (189,065 ft²), incluyendo las habitaciones de huéspedes y las áreas públicas. El hotel cuenta con 157 habitaciones en la torre, y 40 habitaciones adicionales en los niveles 2 y 3 del podio.



Figura 1. Vista oblicua de la fachada mostrando cómo la fachada se desliza detrás del sistema de columnas en malla diagonal exterior.

La visión del FORTH Atlanta era llamar la atención sobre este gran desarrollo; en una futura construcción, otro cuerpo será incluido. El desarrollador, Jim Irwin de New City Properties, explicó: “Nuestro objetivo con el Cuerpo B era crear una adición dramática y llamativa al Eastside Trail de la BeltLine utilizando una tipología de diseño que aún no se había utilizado en Atlanta (o en el sureste, por cierto). Nos asociamos con un equipo de arquitectos de talla mundial, Morris Adjmi y HKS, e ideamos el concepto de retícula diagonal estructural, que consiste en sacar literalmente el sistema estructural de la torre fuera de la piel del edificio para mostrar la complejidad del sistema. Encontramos un gran número de ejemplos en América y Europa en los que esto se había hecho con construcciones de acero, pero nos entusiasmaba el reto de hacerlo en concreto. Sabíamos que Uzun+Case no sólo aceptarían el reto, sino que además estarían entusiasmados con el concepto y motivados para encontrar una forma de hacerlo funcional y bello a la vez”.

Cimientos y Pisos Bajo Tierra

El FORTH Atlanta tiene tres niveles subterráneos y 16 niveles sobre el terreno. Los niveles más bajos están rodeados perimetralmente por muros de contención permanentes formados por pilotes en H, entibados y clavados en el suelo. En el lado oeste, este muro de contención tuvo que coordinarse cuidadosamente con la línea troncal de servicios públicos de Atlanta, que pasa entre el Cuerpo B y el Cuerpo C del proyecto. La huella del Cuerpo B incluye una cisterna para la recuperación y el control del agua.

Los cimientos de las columnas son pilas perforadas cimentadas en roca. El edificio también tiene un muro de cortante interno, que atraviesa todos los niveles y está cimentado sobre una losa de cimentación de concreto apoyada en pilas perforadas.

Bajo tierra, el nivel más bajo es una losa sobre el terreno inmediatamente por encima de los cimientos de pilas perforadas que soportan las columnas y los muros de cortante. Los dos niveles subterráneos por encima de la losa sobre el terreno son losas planas postensadas, de 203 a 254 mm (8 a 10 plg.) de espesor, con algunas vigas aisladas. La coordinación de los tendones de postensado con los muros perimetrales fue todo un reto.



Visión General de los Sistemas de Concreto Elevado por Encima del Nivel del Suelo

El Nivel 1, que está al nivel del suelo, es un sistema de losa de concreto reforzado que se extiende entre vigas de concreto reforzado; las vigas de mayor claro y las vigas principales están postensadas. El sistema tiene un espesor general de 533 mm (21 pulgadas), pero es más profundo en las áreas con escalones en la losa y cargas de paisajismo. Este nivel está compuesto por el vestíbulo del hotel, espacios de apoyo, espacios para reuniones y áreas exteriores ajardinadas. El diseño de este nivel tuvo que ser algo flexible, ya que se construyó antes de que se completara el diseño interior del hotel.

Los Niveles 2 y 3 están compuestos en general por habitaciones de huéspedes y espacios de amenidades del hotel (como el gimnasio y la cocina). El sistema estructural es similar al del Nivel 1, con un sistema de losa de concreto reforzado que se extiende entre vigas de concreto reforzado. De nuevo, las vigas de mayor claro y las vigas principales están postensadas.

El Nivel 4 es el nivel de amenidades del hotel, que incluye un restaurante, un jardín y una terraza con piscina. Este nivel fue estructurado con losas y vigas de concreto más robustamente reforzadas, aunque es en esencia similar a los Niveles del 1 al 3. El Nivel 4 presenta más variaciones en la elevación de las losas, así como cargas de paisajismo más pesadas y losas de acabado terminado. La zona de la piscina está elevada unos pocos pies y requirió numerosos detalles únicos, como salidas de escaleras, cabañas, toldos para el restaurante y jardineras.

Los Niveles del 5 al 15 son los niveles del hotel y presentan el sistema de columnas exteriores en “retícula diagonal” (Fig. 1 y 2). Esos niveles están soportados únicamente por tres columnas interiores, el muro de cortante y las columnas en retícula diagonal. Debido a que las columnas en retícula diagonal se enmarcan en las losas de piso en diferentes ubicaciones a lo largo de los perímetros de los pisos, se requirieron tres diseños de piso a lo largo de la altura de la torre. El sistema de retícula diagonal se discute con más detalle en la siguiente sección.

El Nivel 16 es el último nivel de concreto: una losa postensada plana de 305 mm (12 pulgadas) de espesor que soporta áreas con losas de acabado final, un bar y un lugar de reunión, y unidades mecánicas. El Nivel 16 también incluye una viga en voladizo alrededor de su perímetro en la terminación del sistema de columnas de retícula diagonal (Fig. 3). El techo sobre el bar está compuesto por una estructura aligerada de acero.

Complejidades del Sistema de Retícula Diagonal

Los requisitos estéticos para el sistema de retícula diagonal del FORTH Atlanta (Fig. 1 y 2) generaron muchas complejidades estructurales. Desde el punto de vista arquitectónico, las columnas debían colocarse fuera del borde de la losa para expresar el sistema; las esquinas en la parte superior e inferior necesitaban ‘plegarse’ hacia adentro para resaltar la forma tridimensional de la estructura, y la viga en voladizo en el perímetro del techo se diseñó para culminar el sistema de retícula diagonal (Fig. 3). La calidad y consistencia del encofrado de las

columnas fueron importantes para garantizar el carácter estético del edificio.

Como resultado de las columnas diagonales, las columnas se conectan a los pisos en diferentes ubicaciones en planta. Esto llevó a la necesidad de tres diseños de losas de piso con disposiciones muy diferentes del postensado y refuerzo de acero. Además, los niveles superior e inferior de la retícula diagonal eran significativamente diferentes a los otros pisos, ya que las esquinas de la losa se plegaban hacia adentro en estos niveles.

Con respecto a los detalles estructurales, las columnas perimetrales soportan una parte significativa de la carga vertical del edificio. Además, las columnas sobresalen 12 pulgadas más allá del borde de la losa, por lo que solo la mitad de cada columna de 24 x 24 pulgadas (610 x 610 mm) está en contacto con la losa (Fig. 2). Este contacto parcial con la losa requirió el uso de refuerzo pernos de cortante en la losa y que cada condición de columna perimetral se detallara cuidadosamente en los documentos de construcción.

Otro problema del detallado ocurre donde las columnas se conectan en las esquinas de la losa. Además de la reducción en el área de la losa disponible para resistir el esfuerzo cortante por punzonamiento, las geometrías de las columnas resultan en altas fuerzas de tracción en las conexiones losa-columna. La transferencia de estas fuerzas a la losa requirió la inclusión de anclajes postensados y barras de refuerzo de losa con cabeza que terminaban en las columnas, y estos sistemas tuvieron que ser dirigidos a través de las varillas de la columna que convergen en cuatro ángulos diferentes (Fig. 4).

Las partes superior e inferior de la retícula presentaban complicaciones adicionales, ya que las esquinas de los pisos se contrajeron y se 'doblaron' hacia adentro. La Figura 1 muestra esto en la base de una de las esquinas de la retícula.



Figura 4. Maqueta de refuerzo de la unión columna/losa en esquina.



Figura 5. Encofrado para las columnas de esquina siendo colocado en su lugar.

Consideraciones para el Concreto Expuesto

El diseño arquitectónico de la retícula diagonal requería que el marco del edificio en el perímetro estuviera expuesto, por lo que los diseños de las mezclas de concreto debían considerar tanto la exposición permanente a las condiciones climáticas como los requisitos estéticos de color y apariencia de los acabados en el concreto. Las mezclas para las columnas y losas expuestas contenían una combinación de Scofield Integral Color para lograr un color ligeramente más oscuro y uniforme que el concreto estándar, y Sika Watertight Concrete Powder para ayudar a controlar la infiltración de agua. Las mezclas necesarias para reparar pequeñas imperfecciones en la superficie se crearon en el laboratorio de Thomas Concrete.

Brasfield & Gorrie utilizó encofrado de metal expandido de colocación permanente en los bordes de las losas perimetrales, lo que permitió el uso de una mezcla de concreto estándar para el interior de las losas de piso. Cada nivel fue colocado utilizando simultáneamente un brazo y un cubo de concreto para mantener separadas las mezclas coloreadas y la estándar. La estructura requirió el uso tanto de concreto de alta resistencia como de concreto de alta resistencia inicial, todos con color integral en diferentes contenidos de aglutinante. Toda esta operación y acabado fueron aprobados después de una prueba en el modelo a escala.

Desafíos en la Construcción

El primer desafío de construcción surgió debido a la necesidad de construir los niveles subterráneos y el Nivel 1 antes de que se completaran muchos de los requisitos de diseño y distribución del hotel. Esto requirió un enfoque algo flexible en el diseño del Nivel 1. También fue necesario proteger las barras de anclaje de columna durante una pausa de varios meses en el cronograma. Gran parte del piso estaba diseñado para aceptar una losa de acabado final o concreto de mayor espesor como opción. Durante la construcción, se engrosaron las losas donde se sabía que no eran necesarias las depresiones. La cocina y otras áreas recibieron losas de acabado final más adelante, donde fue apropiado.

El equipo de construcción estaba preocupado por las conexiones de la retícula a la losa de piso en las esquinas donde la cantidad de refuerzo era significativa. La capacidad para instalar lo necesario, así como garantizar una buena consolidación del concreto alrededor de las barras de refuerzo, fue el centro de las preocupaciones. Se decidió construir una maqueta del acero de refuerzo en las esquinas (Fig. 4), incluyendo las barras de refuerzo de la columna. Esto resultó extremadamente útil y facilitó la construcción de las esquinas en el edificio.

Para el encofrado de columnas diagonales, Brasfield y Gorrie consideraron varios enfoques diferentes, pero optaron por uno que minimizaba la complejidad para los equipos de encofrado. Simplemente invirtiendo el encofrado, se pudo usar una sola forma metálica tanto para la parte superior como para la inferior de la 'V' formada en la conexión columna-piso (como se muestra en las Fig. 5 y 6). Esto eliminó errores de disposición (o los hizo menos problemáticos), así como errores de ensamblaje, y el metal proporcionó un acabado consistente y suave. Se pensó mucho en cómo reforzar las columnas temporalmente, cómo asegurar que el encofrado pudiera retirarse fácilmente y cómo permitir ciertas tolerancias. El único ajuste significativo en el campo fue la adición de agujeros de acceso en las formas para ayudar a minimizar el daño a estas mismas durante el ensamblaje. El plan funcionó como se esperaba.

Las diferentes elevaciones de piso a piso en los pisos inferiores, así como en la parte superior, eran preocupantes, ya que esto podría no permitir que los encofrados prefabricados funcionaran en todos los niveles. La solución fue agregar diferentes agujeros adicionales para tornillos en el encofrado para acomodar dos ángulos distintos. Una vez que se completaron los dos pisos inferiores, los encofrados se ajustaron para funcionar en los pisos

típicos. El nivel del techo fue otro lugar donde se ajustaron los encofrados para un cambio en la elevación. Lail Bridge, la empresa que diseñó y construyó el encofrado, hizo un excelente trabajo resolviendo esto y asegurando que fuera correcto.

Al principio del proyecto, Brasfield & Gorrie decidió construir cada piso utilizando dos vertidos debido a la compleja naturaleza del refuerzo de los pisos, ya que se esperaba que el tiempo de construcción de los pisos determinara el cronograma. Sin embargo, cuando la construcción llegó a los pisos superiores, los equipos pudieron instalar y colocar los pisos más rápidamente de lo planeado originalmente, lo que permitió la construcción de los pisos con un solo vertido.

Estadísticas

La estructura y el podio del FORTH Atlanta utilizaron 6,346 m³ (8,300 yd³) de concreto, 717 toneladas métricas (790 tonne) de acero de refuerzo ordinario y 71,867 kg (158,440 lb) de tendones de postensado. Los niveles de estacionamiento subterráneo utilizaron 5,352 m³ (7,000 yd³) adicionales de concreto, 513 toneladas métricas (565 tonne) de acero de refuerzo ordinario y 35,739 kg (78,790 lb) de tendones de postensado.



Figura 6. Encofrado para las columnas de borde en el nivel del techo.

Conclusión

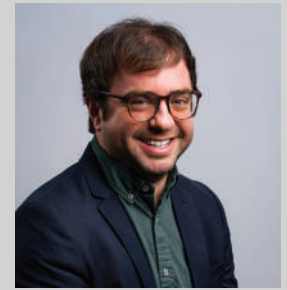
La colaboración entre el arquitecto (HKS, MA), el ingeniero estructural (Uzun+Case) y el contratista (Brasfield & Gorrie) ayudó a sacar este proyecto del suelo y culminarlo de manera suave y lógica. Al escuchar las preocupaciones de cada parte, el equipo de diseño y construcción pudo adaptarse y superar todos los desafíos.

Este desarrollo de Ralph McGill por New City Properties ha sido muy exitoso, tanto para ellos como para la ciudad de Atlanta, al extender la zona empresarial creada con Ponce City Market y 725 Ponce. Han logrado atraer a varios inquilinos importantes, superando ampliamente sus proyecciones de arrendamiento. El marco estructural de concreto expuesto en forma de malla diagonal y sus detalles fueron vitales para la visión y el éxito de FORTH Atlanta. El proyecto ganó el primer lugar en la categoría de rascacielos del programa de premios Dan R. Brown ACI del capítulo de Georgia de la ACI.

El miembro del ACI **Robert M. Weilacher** es director en Uzun+Case, Atlanta, GA, EE. UU. Es miembro del Comité 130 de ACI, que se ocupa de la Sostenibilidad del Concreto. Ha sido presidente del Capítulo de Georgia del ACI y expresidente de la Asociación de Ingenieros Estructurales de Georgia. Obtuvo su licenciatura y maestría en ingeniería civil en el Instituto de Tecnología de Georgia, Atlanta, GA.



Jesse Fortner es director asociado en Uzun+Case, LLC, Atlanta, GA. Durante sus 10 años en Uzun+Case, ha diseñado hoteles, así como proyectos comerciales, residenciales y de educación superior en todo el sureste de los EE. UU. Fue el responsable de la gestión de este proyecto. Fortner es miembro de la Junta del Capítulo de Georgia de ACI y está activo en varios comités internos. Obtuvo su licenciatura en ingeniería civil en el Instituto de Tecnología de Georgia y su maestría en ingeniería civil en la Universidad de California, Berkeley, CA, EE. UU.



Todd Hamby es miembro del Equipo de Operaciones de Campo en Brasfield & Gorrie. Con más de 30 años de experiencia en la industria, trabaja con el equipo durante la fase de pre construcción para desarrollar la mejor estrategia de programación y coordinación para cada proyecto. Comprometido con el cumplimiento de los objetivos de los clientes, Hamby colabora estrechamente con los propietarios para entender sus prioridades y expectativas, y asegura que sus proyectos sean exitosos.



Título original en inglés:
**Construction of the FORTH
Atlanta. With a structural diagrid
of concrete**

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



Traductora:
**Jesús Omar
Montaño Montaño**
*Estudiante Ing. Civil
Universidad de Sonora*



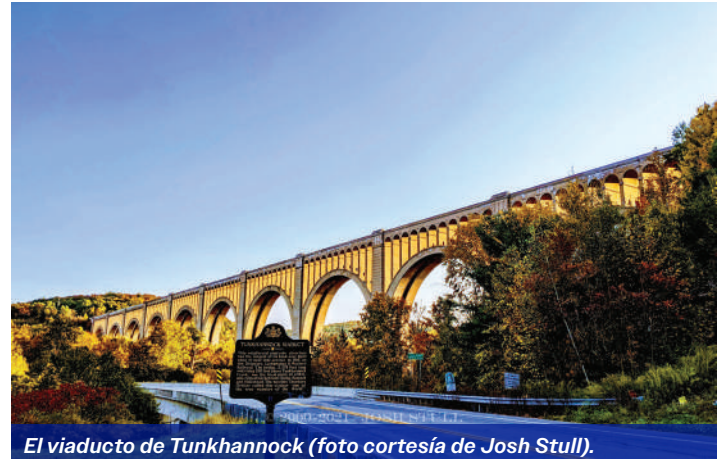
Revisor Técnico:
**Ing. Oscar Ramírez
Arvizu**

03

El Histórico Viaducto de Tunkhannock Celebra 108 Años

Cómo un puente destacado por el ACI en 1916 sigue siendo hoy día un testimonio de la durabilidad del concreto

Por Rachel T. Schick



El viaducto de Tunkhannock (foto cortesía de Josh Stull).

La durabilidad del concreto es un tema importante en nuestro mundo actual, ya que las industrias del concreto, el cemento y la construcción trabajan para construir estructuras sostenibles y durables. La intemperie, las condiciones ambientales y el deterioro relacionado con la edad pueden afectar la vida útil de un proyecto. Teniendo esto en cuenta, las estructuras que demuestran durabilidad, resistencia y uso durante un largo periodo de tiempo pueden considerarse impresionantes hazañas de la ingeniería y la arquitectura.

Una de estas estructuras es el viaducto de Tunkhannock, en Nicholson, Pensilvania, Estados Unidos. El viaducto de Tunkhannock, también conocido como viaducto del arroyo Tunkhannock o puente Nicholson, es un puente de 724 m (2,375 pies) de longitud por 10 m (34 pies) de anchura, con una altura de 73 m (240 ft) sobre el nivel del río. Compuesto por 10 arcos de 55 m (180 pies) de diámetro y dos arcos de contrafuerte de 31 m (100 pies) en cada extremo, el viaducto de Tunkhannock ha resistido el paso del tiempo y celebró su 108º aniversario en noviembre de 2023. El viaducto de Tunkhannock, un logro de su época fue aclamado en el momento de su finalización en 1915 y en los años siguientes. De hecho, el ACI resaltó la construcción de este puente en las Actas de la 12ª Convención Anual del Concreto del ACI, celebrada en 1916.

Un proyecto arriesgado

El viaducto de Tunkhannock fue diseñado por Abraham Burton Cohen y construido por la Delaware, Lackawanna & Western Railroad (DL&W). George G. Ray fue el ingeniero en jefe del proyecto. La construcción comenzó en 1912 y el puente se terminó en noviembre de 1915. Quinientos hombres, de los que sólo la mitad eran obreros calificados, trabajaron en el viaducto con palas de vapor, utilizando dinamita para la excavación y una planta de concreto que se construyó en la obra. Entre las

dificultades para la construcción se encontraban la escasez de equipos, las arenas movedizas que hicieron necesario el uso de cámaras neumáticas y las restricciones impuestas a la dinamita por DL&W, ya que no permitían transportarla en sus ferrocarriles, lo que obligaba a enviar la dinamita a Springville, Pensilvania, y transportarla a Nicholson en carros tirados por caballos. El viaducto de Tunkhannock costó 1.4 millones de dólares de la época. En todo el proyecto se utilizaron 185,000 barriles (31,550 toneladas) de cemento, que produjeron 127,681 m³ (167,000 yd³) de concreto. Además, se utilizaron 1,140 toneladas de acero para reforzar el concreto¹.

El viaducto de Tunkhannock se construyó como parte de un proyecto mayor de acortamiento de ruta denominado Clarks Summit-Hallstead. Este proyecto tenía por objeto reducir en 5.8 km (3.6 millas) la línea principal de la DL&W entre Scranton (Pensilvania) y Binghamton (Nueva York). William Truesdale, presidente de la compañía ferroviaria DL&W en aquella época, quería modernizar el ferrocarril y crear formas de hacerlo más eficiente. Este proyecto ahorró tiempo de viaje, suavizó las empinadas pendientes del ferrocarril que en el pasado habían requerido locomotoras de empuje, enderezó el derecho de paso y eliminó los cruces públicos. Como algunas locomotoras de la época pesaban hasta 211 toneladas métricas (233 toneladas), el viaducto se construyó para soportar 287 kN/m² (6,000 lb/pie²)¹.

El viaducto de Tunkhannock permitió transportar cada vez más mercancías por la región, como hierro, acero y carbón, lo que contribuyó en gran medida a la Revolución Industrial de Estados Unidos. Supuso un importante beneficio para la región y ha sido considerado tanto un importante logro económico como una proeza de ingeniería para su época. La solicitud presentada en 1976 para inscribir el puente en el Registro Nacional de Lugares Históricos describía así el viaducto: «El Tunkhannock, clave

de la modernización de un importante ferrocarril a principios del siglo XX, se construyó en una época en que una estructura de concreto reforzado de tales dimensiones se consideraba arriesgada, y antes de que se perfeccionaran diversas técnicas de construcción de concreto hoy comúnmente aceptadas». Varias personalidades de todo Estados Unidos acudieron a ver este puente una vez terminado, entre ellas Thomas Edison, Henry Ford y el expresidente Theodore Roosevelt¹.

Un ejemplo de avance del concreto

Menos de un año después de su finalización, el viaducto de Tunkhannock se debatió en la siguiente Convención del Concreto del ACI. “*Siempre avanzando*”, ACI que se esfuerza por apoyar la investigación, los avances tecnológicos y la difusión de la tecnología y el conocimiento del concreto, y aunque el Instituto ha cambiado y se ha expandido enormemente en los últimos 108 años, estos valores hoy vigentes estaban también presentes hace más de un siglo. La 12^a Convención Anual del Concreto del ACI tuvo lugar del 14 al 17 de febrero de 1916 en Chicago, IL, EE. UU. Documentado en las *Actas de la Duodécima Convención Anual del ACI*, C.W. Simpson, Ingeniero Residente de DL&W, escribió una ponencia en la que se detallaba la construcción del viaducto Tunkhannock.² La ponencia se presentó durante la sexta sesión de la Convención, el 16 de febrero de 1916. Se celebró un debate sobre el puente.

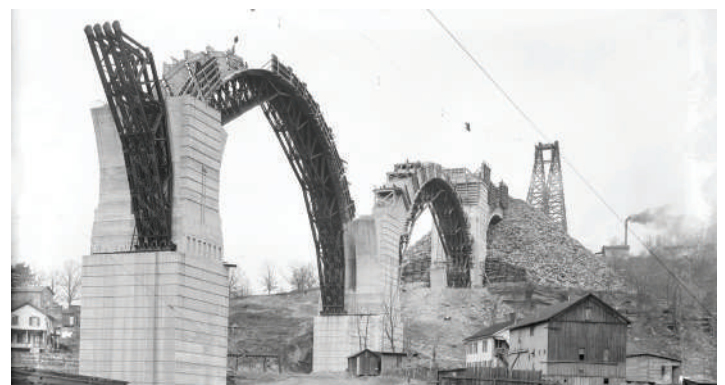
El viaducto de Tunkhannock se describe en el documento como un “puente de dos vías compuesto por diez arcos semicirculares de 180 pies y dos de 100 pies que arrancan de pilares macizos y soportan muros contrafuerte transversales, sobre los que descansa un sistema de suelo compuesto por arcos de tímpano semicirculares”. Se observó que, en el cronograma del proyecto, específicamente en lo que se refiere a la planificación del concreto, había que terminar primero un teleférico antes de poder colocar una gran cantidad de concreto para poder llegar a las excavaciones poco profundas que se encontraban en un terreno más elevado. A efectos de programación, se decidió que durante los 10 primeros meses habría que colocar concreto a razón de 6,120 m³ (8,000 yd³) al mes, y después a razón de 3,210 m³ (4,200 yd³) al mes durante los 20 meses restantes².

Una descripción de la construcción detallaba el proceso de fabricación del concreto. En primer lugar, la arena y la grava se entregaban y vertían en pilas de almacenamiento. A partir de ahí, dos torres con cubos de almeja que podían contener hasta 40

pies³ (1.1 m³) transportaban los materiales desde las pilas hasta los contenedores situados sobre las plantas de concreto que pasaban la arena y la grava a una tolva de medición, donde se añadía el cemento. Desde la tolva de medición, el contenido bajaba a una mezcladora que volcaba en tolvas de descarga inferior sobre vagones de tren planos para su traslado. Cada lote se hacía girar en la mezcladora entre 2 y 2,5 minutos, y la producción se limitaba a unos 17 lotes por hora. Cada grupo de mezcladores estaba formado por “un capataz, dos operadores de grúa, un mezclador, un bombero y once trabajadores. Dos trenes, cada uno con un maquinista y un peón, servían a cada mezcladora. Un capataz y entre ocho y dieciséis obreros extendían el concreto en los encofrados. Esta organización, a la que se añadían los operarios de los teleféricos y los señalistas, producía una media de 23 m³ de concreto por hora²”. Este proceso y el propio puente se consideraron dignos de mención y sirvieron como gran ejemplo en la sesión de la Convención del Concreto del ACI sobre los nuevos alcances del uso del concreto en Estados Unidos.



Construcción de los pilares del puente en julio de 1913 (foto cortesía de los Archivos del Sitio Histórico Nacional de Steamtown).



El encofrado de acero para los arcos comienza a tomar forma en diciembre de 1913 (foto cortesía de los Archivos del Sitio Histórico Nacional de Steamtown).

Un monumento histórico muy querido

En la actualidad, el viaducto de Tunkhannock es un testimonio de la durabilidad del concreto y de la artesanía que se empleó en su construcción. Ha recibido el reconocimiento nacional y varias organizaciones lo han considerado una estructura histórica notable. En 1975, la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles (ASCE) designó el puente Monumento Histórico Nacional de Ingeniería Civil. La ASCE calificó la estructura como tal debido a “su importante contribución al desarrollo de Estados Unidos y a la profesión de la ingeniería civil”. En 1977, el puente fue incluido en el Registro Nacional de Lugares Históricos (nº 77001203). El viaducto también ha sido documentado por el Historic American Engineering Record (HAER), una organización creada por un acuerdo entre el Servicio de Parques Nacionales, la ASCE y la Biblioteca del Congreso con el propósito de documentar lugares y estructuras históricas relacionados con la ingeniería y la industria¹. Sin embargo, este puente no sólo goza de reconocimiento nacional, sino que también es querido y celebrado localmente.

El viaducto de Tunkhannock, conocido localmente como puente Nicholson, recibió su nombre del municipio de Pensilvania en el que está situado. Cada año, la ciudad conmemora el aniversario del viaducto con una celebración anual del “Día del Puente”. Aunque recientemente Nicholson celebró el 108 aniversario en 2023, el mayor evento organizado para el viaducto de Tunkhannock fue definitivamente su centenario en 2015. La celebración formal comenzó el viernes 11 de septiembre e incluyó un programa oficial, un desfile y un cierre de la calle principal de Nicholson para el entretenimiento, comida y una presentación de artículos de varios grupos históricos de la zona. Además, durante todo el fin de semana se organizaron recorridos históricos. El domingo, el Club de Mujeres de Nicholson organizó un festival en el que hubo artesanías, bebidas y refrigerios en Main Street para terminar la celebración³.

Más allá de su reconocimiento como monumento histórico y símbolo local, el viaducto de Tunkhannock sigue contribuyendo activamente a la industria del transporte y en la actualidad se utiliza para el servicio de transporte de mercancías. El puente es utilizado por Norfolk Southern Corporation, una empresa de transporte ferroviario que compró la línea a Canadian Pacific/Delaware & Hudson en 2015. Aunque el viaducto de Tunkhannock contaba originalmente con dos vías de ferrocarril que lo cruzaban en el momento de su finalización, hoy en día es un puente de una sola vía³.

Para los años venideros

ACI ha estado y seguirá estando comprometido con mostrar el valor que proporciona el concreto y destacar ejemplos de tecnología, durabilidad y uso de este. Es impresionante ver cómo un puente mencionado en las Actas de la Convención del Concreto del ACI en 1916 puede seguir siendo resaltado y reconocido hoy en día. Este monumento histórico de la ingeniería civil ha demostrado la resistencia del concreto y su importancia para la industria del transporte. El viaducto de Tunkhannock ha resistido más de 100 años y esperamos que siga resistiendo muchos años más.



En 1914, los obreros trabajaban sin descanso para continuar la construcción (foto cortesía de los Archivos del Sitio Histórico Nacional de Steamtown).



El puente terminado en 1917 (foto cortesía de los Archivos del Sitio Histórico Nacional de Steamtown).



Este monumento histórico es una vista impresionante a través del horizonte de Nicholson (foto cortesía de Josh Stull).

Referencias

1. «Tunkhannock Creek Viaduct», Nicholson Heritage Association, Nicholson, PA, <https://www.nicholsonheritage.org/tunkhannock-creekviaduct/>, consultado el 28 de febrero de 2024.
2. Simpson, C.W., «Construction Methods on the Tunkhannock and Martin's Creek Viaducts, Lackawanna Railroad, » ACI Journal Proceedings, V. 12, No. 2, Feb. 1916, pp. 100-112.
3. Stull, J., «The Great Gray Bridge, » The Diamond, V. 29, No. 4, 2015, pp. 10-23.

Rachel T. Schick es editora de Concrete International (CI). Ha trabajado en periodismo, mercadeo y servicio al cliente. Es licenciada en Comunicación por el Grace College, Winona Lake, IN, EE.UU. Schick es editora de ACI desde agosto de 2023.



Título original en inglés:
**Historically Acclaimed
Tunkhannock Viaduct Celebrates
108 Years. How a bridge noted by
ACI in 1916 is still a testament to
concrete durability today**

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



Traductora:
**Nicole Mejía
Borrero**



Revisor Técnico:
**José M. Mejía
Borrero**

Acelerando los Procesos de Lavado de Sobrantes de Concreto para Incrementar la Productividad y las Utilidades

Por Del Williams



Descarga de camiones en el sistema JDAIR Redi-Wash.

Para las plantas de concreto premezclado, las operaciones de lavado pueden ayudar a prevenir la acumulación de sobrantes o desperdicios de concreto, cumplir con las especificaciones de la mezcla y recuperar los materiales. Para Tanis Concrete Inc., en Fair Lawn, NJ, EE. UU., empresa que presta servicios en las principales autopistas, aeropuertos y otros trabajos estatales y municipales de construcción en el norte de Nueva Jersey, y que cuenta con tres plantas de concreto de última generación en la zona, un proceso tradicional de lavado requería que cada vehículo fuera conducido primero a una estación de carga de agua y luego a un pozo o fosa de lavado donde se descarguen el agua y los otros materiales.

“Aproximadamente cada 3 meses, teníamos que excavar el pozo [que contiene el material de lavado], apilarlo y dejarlo secar. Este material era una mezcla de arcillas, finos, piedras y cemento hidratado. El resultado era obtener un producto básicamente inútil, así que teníamos que pagar para transportarlo a una instalación de reciclaje de concreto a 12 millas [19 km] de distancia. En ese momento, costaba alrededor de 200 USD por carga para desechar el material, sin contar el alquiler del camión; hoy en día, costaría alrededor de 500 USD por carga”, dijo Frank Gelewski, Director de Operaciones de Tanis Concrete. Según Gelewski, el costo del agua también era un problema. “Usábamos agua potable de la ciudad que era medida, y teníamos que pagar por cualquier agua desperdiciada. Ofrecíamos al mercado alrededor de 25 mezclas de concreto diferentes, por lo que el agua desperdiciada al final de cada trimestre [cuando pagábamos nuestra factura de agua] era excesiva”. Además, señaló que el espacio en las plantas estaba limitado con el pozo y las pilas de almacenamiento porque Tanis Concrete operaba en un sitio de 1.5 acres (0.6 ha).

La Solución

Después de buscar una solución, Tanis Concrete recurrió a un equipo de lavado más rápido y eficiente, el sistema JDAIR™ Redi-Wash™, que no requiere estanques de sedimentación, fosos de lavado o prensas de filtro. A diferencia de las unidades tradicionales solo de recuperación de materiales, ésta tiene capacidad de clarificación de agua incorporada.

Jadair International Inc., con sede en Port Washington, WI, EE. UU., es un proveedor de diversas soluciones para la industria del concreto, incluyendo recuperadores de concreto y clarificadores de agua. La empresa fabrica equipos para instalaciones móviles y permanentes en muchos tamaños y configuraciones, y trabaja con productores de concreto premezclado, prefabricado y otros. Los equipos están diseñados para ser ubicados en la planta de concreto premezclado en el mejor lugar posible; los operadores de camiones simplemente se acercan, descargan y se retiran. Este proceso de una sola parada permite un lavado más rápido de los camiones de concreto, lo que reduce el tiempo de inactividad y aumenta la productividad. Los ahorros de tiempo acumulados a través de múltiples conductores en una jornada laboral de 8 horas pueden ser sustanciales.

El sistema de lavado proporciona recuperación de concreto y manejo de agua dentro de una unidad autónoma y de circuito cerrado. La máquina separa y descarga la arena y la grava, lo que permite la recuperación completa de estos materiales. El cemento de la mezcla se descarga por separado, y una cargadora puede manejar este cemento fácilmente como un producto seco y parecido a la arcilla. El agua se dirige a un área separada de la máquina, donde se clarifica y reutiliza para los lavados futuros. Para realizar un lavado, el conductor simplemente retrocede el camión hacia la máquina. La máquina añade agua reciclada al



Descarga de gravas y arenas recuperadas mediante el sistema JADAIR Redi-Wash.



Tolva de almacenamiento de sólidos de cemento recuperados en el sistema JADAIR Redi-Wash.

tambor del camión girando que mezcla el agua con el concreto restante durante un par de minutos. Luego, el camión descarga el agua de lavado y el concreto en la máquina, que lo procesa y recupera.

Tanis Concrete instaló su sistema de lavado JADAIR Redi-Wash en su garaje de camiones en el lugar, convirtiéndolo en una bahía de servicio.

El sistema procesa simultáneamente hasta tres camiones. “En total, estamos ahorrando cientos de miles de dólares al año en tiempo de los conductores, tiempo de los camiones y transporte de materiales utilizando un sistema de lavado moderno. Nuestro uso de agua también ha disminuido considerablemente porque la estamos reutilizando,” dijo Gelewski. “El agua está justo ahí en el sistema de lavado. No hay necesidad de ir y venir de un sitio a otro, por lo que estamos ahorrando una cantidad significativa de tiempo en comparación con el pozo de lavado anterior,” explicó.

Un aspecto único de este equipo es que no hay necesidad de “goteo” o de “medir lentamente” el material de lavado en la máquina. El sistema está diseñado para absorber 8 yd³ (6 m³) en 4 minutos o menos. El proceso de una sola parada ahorra dinero al eliminar los viajes de larga distancia y los tiempos de proceso lentos. Con lavados de alta velocidad, la planta de concreto puede operar con menos camiones y menos mano de obra y manejo de materiales, mientras sigue entregando la misma cantidad de material o más.

Según Gelewski, “Ahora, ya no necesitamos tener un pozo de lavado o una pila de material sobrante al costado que tengamos que pagar para transportar,” y en cambio, el sistema de lavado nos proporciona una excelente separación de todos los materiales, por lo que Tanis Concrete ahora puede vender el

material que antes pagaba para transportar fuera de sus instalaciones. “El sistema separa las arcillas y el cemento de la arena y la grava. Podríamos haber separado las gravas de 3/4, 3/8 pulg. [19, 9.5 mm] de la arena y reintroducirlas en nuestras mezclas, pero preferimos vender el material en su lugar,” dijo.

Debido a que la máquina recicla el agua, este enfoque elimina el costo de reemplazar el agua de reposición en estanques y pozos, que pierden agua constantemente debido a la filtración y la evaporación. Además, no hay lodo de estanque que limpiar ni pozo que excavar y mantener.

Para más información, visita www.jadair.com.

Del Williams es un escritor técnico que se encuentra en Torrance, CA, USA.

Título original en inglés:
Tech Spotlight. Expediting
Construction Concrete Washouts
to Increase Productivity and Profit

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



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

“Regla de los 90 Minutos” para Concreto Premezclado

P. *Nuestro equipo está licitando para un proyecto en una ubicación remota de difícil acceso. Nuestra inquietud es poder llevar los camiones de concreto premezclado al sitio y completar la descarga del concreto en 90 minutos desde la dosificación. Nuestro productor de concreto nos informó que la llamada “regla de los 90 minutos” ya no se incluye en ASTM C94/C94M-21¹. ¿Está en lo correcto nuestro productor? ¿Qué efectos tendrá este cambio en los requerimientos de ACI 301-20²?*

R. Su productor de concreto premezclado tiene razón. La edición 2020 de ASTM C94/C94M³ fue la última en requerir que se termine la descarga en el curso de 1-1/2 horas después de iniciar el mezclado. Este requerimiento se reemplazó con la alternativa de que se estableciera un tiempo límite entre el comprador y el productor del concreto. La revisión 2021 de ASTM C94/C94M estipula en la Sección 6.1.10 que el “Comprador determinará el tiempo límite desde el inicio del mezclado ... hasta el momento en que deberá concluirse la descarga del concreto¹.” Si el comprador no selecciona un tiempo límite, el productor deberá comunicar el límite de tiempo e indicarlo en la remisión de entrega.

En realidad, ASTM C94/C94M siempre ha incluido una opción para que el comprador renuncie a los límites de descarga por tiempo y revoluciones si el revenimiento es satisfactorio y si la adición de agua no ha superado la cantidad fijada en el diseño de la mezcla. Esta opción no cambió con la revisión de los límites de descarga; no obstante, a menudo se ha ignorado, lo que ha dado por resultado un rechazo del concreto aceptable basándose exclusivamente en el hecho de que se excede el límite de tiempo de 90 minutos.

El límite de descarga de 1-1/2 horas se incluyó en la versión original de ASTM C94 publicada en 1935⁴. Desde entonces la norma ha permitido ajustes en el

sitio de la obra con agua y aditivos para para lograr trabajabilidad, con la restricción de no exceder el contenido de agua del diseño. Se reconoció que el límite de tiempo no era inalterable, ya que se relaciona con la calidad del concreto. Por ejemplo, las mezclas diseñadas para un revenimiento bajo para construcción con cimbra deslizable, por lo general no serán aceptables en 1-1/2 horas en clima cálido sin tomar precauciones especiales. En otras situaciones, la tecnología actual de aditivos y otros métodos pueden extender la entrega a tiempos considerablemente más prolongados que 1-1/2 horas, según se necesite en regiones remotas o en áreas metropolitanas de tránsito pesado.

La revisión sobre el límite de tiempo de descarga para ASTM C94/C94M respalda una discusión entre el comprador y el productor con el propósito de establecer límites específicos para las condiciones de proyectos relacionados con el tipo de mezcla, longitud anticipada de desplazamiento, tipo de colocación y condiciones ambientales. El tiempo de entrega extendido acarreará costos para el productor por materiales y tiempo del camión. Una vez que se conozcan las condiciones, podrán tomarse los pasos apropiados para entregar el concreto al revenimiento requerido.

La tecnología de concreto premezclado ha evolucionado considerablemente desde 1935, cuando se instauró por vez primera el requerimiento de 1-1/2 horas. Pueden utilizarse aditivos para estabilizar la hidratación y retener la trabajabilidad en casos de tiempos de entrega prolongados. Los sistemas de ajuste automatizados pueden ajustar las mezclas de concreto en tránsito con agua y aditivos para entregar un concreto a un revenimiento constante y conservar, al mismo tiempo, su calidad.

Es necesario entablar una conversación acerca de la programación del proyecto y la forma en que se utilizará el concreto fresco cuando llegue al sitio de la obra. Su equipo tendrá un rango de revenimiento objetivo sobre la base de la colocación (por ejemplo, bombearlo en los muros o descargarlo por medio de compuerta trasera para losas), del tamaño de la cuadrilla de acabado así como de las condiciones ambientales. Para proyectos más grandes, sería importante colocar una losa de prueba en condiciones similares.

Sería recomendable revisar las especificaciones del proyecto y comunicarse con el equipo de diseño del mismo para hablar respecto al tiempo de entrega. Por fortuna esto da lugar a menos concreto rechazado cuando aún cumple con sus criterios de desempeño – un planteamiento más sostenible.

Potencialmente, usted podría convertirse en el héroe al conservar el orden cuando podría haber reinado el caos al tratar de aplicar normas que hoy en día son obsoletas.

El Comité 301 de ACI, Especificaciones para Construcción de Concreto, deberá armonizar la especificación con las normas existentes antes de su votación y publicación, (observe que ACI 301-20, Sección 1.4 – cita como Normas de referencia ASTM C94/C94M-18)^{2,5}. El comité está trabajando actualmente en la siguiente versión del documento y ha considerado la revisión a la norma actual ASTM C94/C94M. AIA MasterSpec⁶, también deberá considerar este cambio, así como las especificaciones utilizadas en los proyectos de construcción federales y estatales, en los que existen y se imponen los tiempos límites de descarga.

Nota: Puede encontrar información adicional sobre las normas ASTM comentadas en este artículo en www.astm.org.

Referencias

1. ASTM C94/C94M-21, “Standard Specification for Ready-Mixed Concrete,” ASTM International, West Conshohocken, PA, 2021, 15 pp.
2. ACI Committee 301, “Specifications for Concrete Construction (ACI 301-20),” American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2020, 69 pp.
3. ASTM C94/C94M-20, “Standard Specification for Ready-Mixed Concrete,” ASTM International, West Conshohocken, PA, 2020, 15 pp.
4. ASTM C94-35, “Standard Specification for Ready Mixed Concrete,” ASTM International, West Conshohocken, PA, 1935, 9 pp.
5. ASTM C94/C94M-18, “Standard Specification for Ready Mixed Concrete,” ASTM International, West Conshohocken, PA, 2018, 2018, 15 pp.
6. “AIA MasterSpec, Section 03 30 00 Cast-In-Place Concrete,” The American Institute of Architects, Washington, DC, 2021.

Gracias a Colin Lobo, National Ready Mixed Concrete Association (NRMCA), Alexandria, VA, Estados Unidos de Norteamérica y a James Klingler y Mike Hernández, American Society of Concrete Contractors (ASCC), St. Louis, MO, Estados Unidos de Norteamérica, por proporcionar la respuesta a esta pregunta.

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

Recursos Adicionales de ACI en Línea

Los siguientes webinarios de la Universidad ACI son gratuitos para miembros de ACI:

- Curso a Petición: Retención y Extensión de Trabajabilidad: Mantener su Concreto Vivo; y
- Curso a Petición: Uso Innovador de los Aditivos Químicos para Concreto Sostenible Parte 1 y 2.

Visite www.concrete.org/education/aciuniversity.aspx para obtener más información.

Título original en inglés:
Concrete Q&A. “90-Minute Rule”
for Ready Mixed Concrete

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



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



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

Shotcrete 2024

Premios a Proyectos Sobresalientes de Shotcrete

¡Las inscripciones para los premios 2024 ya están abiertas!
Los proyectos deben haberse completado entre el 1 de enero de 2022 y el 1 de septiembre de 2024, y pueden presentarse en las siguientes áreas:

- Arquitectura | Construcción Nueva
- Infraestructura
- Proyectos Internacionales
- Piscinas y Recreación
- Rehabilitación y Reparación
- Subterráneos

Envía tu proyecto ganador en www.shotcrete.org/projectawards



El Uso de Acelerantes de Fraguado en Concreto Lanzado

Por Ing. Raúl Bracamontes

El concreto lanzado (*Shotcrete* en inglés) se ha convertido a través de los años en una técnica muy utilizada en el revestimiento de túneles, minería y construcción subterránea. La capacidad del concreto lanzado para tomar formas diversas y caprichosas, así como su facilidad de adherirse a superficies irregulares, lo han convertido en un material muy versátil que proporciona soporte del suelo eficaz y económico, con el beneficio de una aplicación rápida y sencilla.

Los indicadores clave de comportamiento del concreto lanzado son: el tiempo de fraguado y la resistencia; que se consiguen no solo con el diseño de la mezcla, sino también por el uso de aditivos acelerantes. Estos aditivos aceleran los mecanismos de hidratación de los materiales cementantes en la mezcla, influyendo en su desarrollo de resistencia y el tiempo de fraguado.

Un aditivo acelerante para concreto lanzado es un líquido que está diseñado para inyectarse en la mezcla húmeda de concreto en la boquilla lanzadora, dentro del flujo de aire en algunas aplicaciones vía húmeda. Los aditivos acelerantes deben cumplir con los requerimientos de la norma ASTM-1141 tipo II grado 9 “Aditivos acelerantes de fraguado para concreto lanzado”. Aunque no es tema del presente artículo, los acelerantes en polvo también pueden suministrarse en mezclas secas preenvasadas.

Recientemente han ganado popularidad los aditivos acelerantes libres de álcalis, ya que ofrecen ventajas de alta eficiencia, alta resistencia y resultan menos agresivos al medio ambiente. Este tipo de aditivos hoy significan entre el 5 y 8% de los acelerantes recomendados para concreto lanzado. De manera práctica, los aditivos libres de álcalis son los más utilizados, en comparación con los obsoletos acelerantes alcalinos.

Clasificación de la Resistencia (EN 14487-1)

El concreto lanzado con menos de 24 horas desde su aplicación usualmente es considerado “concreto fresco” o “concreto verde”. Concreto lanzado a edades tempranas es por lo tanto descrito como concreto que tiene entre 1 y 3 días de edad desde que se aplicó. Por lo anterior, el concreto lanzado fresco se clasifica en tres categorías o clases: J1, J2 y J3.

La clase J1 de concreto lanzado es adecuado para aplicarse en capas muy finas sobre substratos relativamente secos. No se espera que cumpla con requerimientos estructurales durante las primeras horas posteriores a su aplicación.

La clase J2 de concreto lanzado se utiliza donde se requieren capas más gruesas de concreto en un período corto de tiempo. Este tipo de concreto puede ser incluso lanzado hacia arriba sobre la cabeza y funciona incluso en situaciones complejas; por ejemplo, donde existan filtraciones pequeñas de agua o se requieran trabajos inmediatos de perforación o voladura cercanas.

La clase J3 de concreto lanzado se usa en casos donde hay rocas muy frágiles o entrada abundante de agua. Debido a su rápido fraguado, se genera más polvo y material de rebote durante su aplicación y, por lo tanto, el concreto lanzado clase J3 se utiliza solamente en casos especiales.

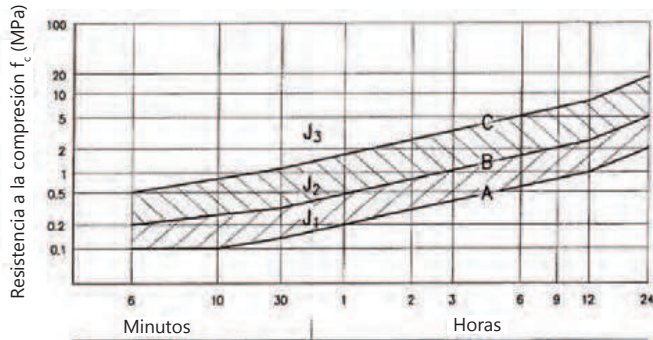
La resistencia a la compresión mínima del concreto lanzado, para permitir el reingreso del personal en la zona de trabajos usualmente se especifica en 145 psi. (1 MPa) para construcciones subterráneas.

En la tabla 1 se muestran algunos requerimientos de resistencia para soporte subterráneo durante las edades tempranas del concreto lanzado. Hay ocasiones en que por error se usan dosis incorrectas o de sobredosis del aditivo en la boquilla lanzadora, lo que genera grandes problemas en la obra.

Una sobredosis del acelerante puede producir problemas, como menor resistencia a la compresión que la obtenida en las mezclas de control, incremento en la porosidad del concreto, reducción de la durabilidad, y mayor permeabilidad con menor resistencia al congelamiento y deshielo. (Figura 2). El daño será severo si se tiene alta relación agua/cemento en la mezcla.

La especificación de la EFNARC Europea (EFNARC es la voz autorizada de contratistas, fabricantes, proveedores de materias primas y consultores en la industria especializada de sistemas de construcción y concreto.)^{NT}, limita la pérdida de resistencia a la compresión final al 20% cuando se usan aditivos acelerantes. Esto requiere

de un sobrediseño del 20% para la mezcla de concreto lanzado para conseguir la resistencia final especificada. La EFNARC también recomienda el uso de aditivos acelerantes libres de álcalis para recubrimientos permanentes.



Entre A y B Clase J1
Entre B y C Clase J2
Arriba de C Clase J3

Figura 1: Desarrollo de la resistencia para las 3 clases de concreto lanzado, J1, J2 y J3.

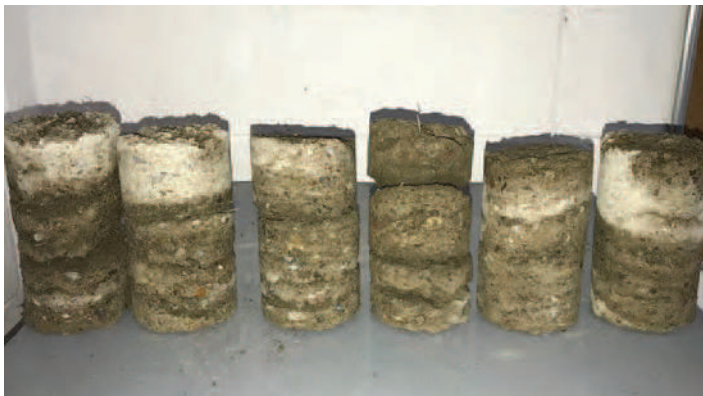


Figura 2: Corazones o núcleos de concreto lanzado con sobredosis de acelerante.

Tabla 1:
Ganancia de resistencia del concreto lanzado a edades tempranas

Tiempo	Resistencia a Edad Temprana (kg/cm ²)			Resistencia a edad temprana (psi)		
	J1	J2	J3	J1	J2	J3
6 min.	0	2	5	0	28	71
10 min.	1	2.5	6.6	14	35	94
30 min.	1.5	4	12	21	56	171
1 hr.	2	6.1	18.2	28	86	259
3 hr.	4.1	12	35	58	171	498
6 hr.	6.4	18.3	52.9	91	260	752
9 hr.	8.3	23.5	67.4	118	334	959
12 hr.	10	28	80	14	398	1,141
24 hr.	20	50	160	284	711	2,280

En un caso de estudio, se realizó una prueba con concreto lanzado con 28.1 lbs/ft³ (450 kg/m³) de cemento con una relación uniforme agua/cemento y utilizando silicato de sodio como un acelerante (aditivo acelerante alcalino), la dosificación del aditivo se modificó única y exclusivamente en función con el peso del cemento.

El efecto de un acelerante de carbonato de sodio en las propiedades de la mezcla endurecida de concreto lanzado fue reportado en "Durability of Dry-Mix shotcrete Containing Rapid-Set Accelerators".⁴ Como parte de ese estudio, una mezcla de concreto lanzado que contenía 4% de acelerante de carbonato de sodio por peso de cemento se comparó con una mezcla de control que no lo tenía. Ambas mezclas tenían una relación cemento - arena de 1:4. La resistencia a la compresión a los 28 días del concreto lanzado que contenía el acelerante fue 54% menor que la de la mezcla de control. Quizá más importante aún, el concreto con el acelerante vio reducida su capacidad de resistir congelamiento y deshielo (ASTM C 666). Los especímenes de concreto se consideran usualmente aceptables en cuanto a su resistencia al congelamiento y deshielo si pierden menos del 5% de su peso después de 300 ciclos de congelamiento y deshielo.

Después de 311 ciclos, la mezcla de control sufrió una pérdida de peso de solamente 0.9%. Mientras tanto la muestra con acelerante perdió 7.3% de su peso después de 153 ciclos y 17.1% después de 210 ciclos, después de lo cual los tres especímenes fallaron. A partir de entonces, la tecnología de los acelerantes de resistencia ha mejorado y ofrece un desempeño mucho mejor.

El principio detrás de la calibración de bombas peristálticas usadas para la inyección del acelerante es determinar la cantidad de aditivo acelerante que debe ser bombeado por minuto de manera que se cumplan los requisitos del diseño de la mezcla del concreto lanzado. La cantidad de aditivo que se bombea está atado a la cantidad de materiales cementantes usados en el diseño de la mezcla.

Por esta razón, el volumen enviado a cada pistón de la bomba de concreto estacionaria y la velocidad del bombeo expresada en golpes por minuto debe ser un dato conocido. Es responsabilidad del operador de la pistola lanzadora calibrar adecuadamente la bomba de concreto y la bomba del aditivo para garantizar la adecuada calidad del concreto lanzado una vez colocado en su lugar.

Ejemplo con la Primera Linea de la Tabla 3 en Unidades Metricas

Supongamos que tenemos un equipo lanzador de concreto con un volumen en el pistón de 14.6 L.

Multiplicando el volumen del pistón por el número de golpes de este, se determina la cantidad de acelerante liberado en el concreto bombeado en un minuto, lo que sería $14.6 \times 15 = 219$ L.

Multiplicando el resultado obtenido por 60 minutos y dividiendo por 1,000 L determinaremos el volumen de concreto acelerado bombeado por hora en metros cúbicos $219 \times 60 / 1,000 = 13.14$ m³

Multiplicando 13.14 por el monto de cemento por metro cúbico de concreto determinaremos el monto de cemento consumido. $13.14 \times 465 = 6,110.1$ kg

Ahora, multiplicando estos 6,110.1 kg por la dosis requerida del aditivo determinamos la cantidad de aditivo requerido en kg. Después, dividiendo este número entre la densidad del aditivo (1.44 kg/l) podemos determinar el monto del aditivo requerido en litros

$$6,110.1 \times 7\% = 427.71 \text{ kg}$$

y

$$427.71 / 1.44 = 297.02 / 60 \text{ min} = 4.95 \text{ l por minuto.}$$

La frecuencia de bombeo medida en Hertz se regula en la bomba peristáltica para bombear 4.95 l de aditivo por minuto. Esto se verifica midiendo en un tubo de prueba para garantizar la dosificación correcta del aditivo en la mezcla de concreto.

Tabla 2:
Resistencia a la compresión del concreto con diferentes dosificaciones de acelerante alcalino

Dosificación de Silicato de Sodio	Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Resistencia a la compresión (psi)
0%	480	6,830
5%	385	5,480
10%	295	4,200
15%	225	3,200
20%	175	2,490
25%	122	1,740
30%	84	1,200
35%	51	725
40%	37	526
45%	26	370
50%	22	313



450 kg OPC

Dosificación real de Acelerante Libre de Álcalis (AFA) en el muro es 6%



70kg SCM
380 kg OPC

Los materiales cementantes suplementarios (SCM) no reaccionan con los Acelerantes Libres de Álcalis (AFA), por lo tanto, la porción de Cemento Portland Ordinario (OPC) resulta sobre dosificada en más del 2% lo que significa que ahora tenemos 8% de acelerante en el muro.

Figura 3: Los cementos compuestos o mezclados pueden causar una sobredosis de acelerante en la porción del OPC (Cemento Portland Ordinario).

Ejemplo con la Primera Linea de la Tabla 3 En Unidades Inglesas

Ahora digamos que tenemos un equipo lanzador de concreto con un volumen en el pistón de 0.52 ft³.

Multiplicando el volumen liberado por el pistón por el número de golpes de este, se determina la cantidad de acelerante liberado en el concreto bombeado en un minuto, o sea $0.52 \times 15 = 7.8$ ft³

Al multiplicar el resultado obtenido por 60 minutos y dividiendo por 27, determinaremos la cantidad de concreto bombeado por hora en yd³,

$$7.8 \times 60 / 27 = 17.33 \text{ yd}^3.$$

Multiplicando 17.33 yd³ por la cantidad de cemento por yarda cúbica de concreto, determinamos la cantidad de cemento usado

$$17.33 \times 783.8 = 13,585.87 \text{ lbs.}$$

Finalmente, multiplicando 13,585.87 lbs por la dosis requerida de aditivo, determinamos la cantidad de aditivo requerido en libras. Hecho lo anterior, dividiendo entre la densidad del aditivo (12.0 lbs/gal) podemos determinar el volumen de aditivo necesario que es: $13,685.87 \times 7\% = 951.01$ lbs; $951.01 / 12 = 79.25$ gal / 60 min = 1.39 gal por minuto.

La frecuencia de bombeo medida en Hertz se regula en la bomba peristáltica con lo que es posible bombear 11.01 fl oz de aditivo. Esta medición se revisa en un tubo de prueba para garantizar la dosificación correcta del aditivo en la mezcla de concreto.

Algunos equipos tienen un sistema de PLC interactivo que ajusta de forma automática el flujo de aditivo acelerante de acuerdo con la velocidad de bombeo.

Los cementos compuestos o mezclados requieren de mayor dosificación de acelerante dado que la proporción de OPC requiere reaccionar más rápido para obtener el fraguado deseado (Figura 3).

Cuando estén haciendo un lanzamiento de concreto recuerden que se está lanzando alrededor de las barras de acero de refuerzo, por lo que el nivel de aceleración deberá reducirse para permitir que el concreto fluya alrededor de las barras durante el proceso. (Figura 4) Se recomienda generalmente usar el 3% del peso del cemento.

Tabla 3: Ejemplo de calibración de la bomba del acelerante (Métrico)

Volumen del pistón (l)	Golpes por minuto	Volumen de concreto por minuto (l)	Volumen de concreto por hora (m³)	Cantidad de cemento (kg/m³)	Cantidad de cemento por hora (kg)	Dosificación del acelerante	Cantidad de acelerante por hora (kg)	Densidad del acelerante (kg/L)	Litros por hora	Litros por minuto
14.6	15	219	13.14	465	6,110.10	7%	427.71	1.44	297.02	4.95
14.6	16	233.6	14.016	465	6,517.44	7%	456.22	1.44	316.82	5.28
14.6	18	248.2	14.892	465	6,924.78	7%	484.73	1.44	336.62	5.61
14.6	18	262.8	15.768	465	7,332.12	7%	513.25	1.44	356.42	5.94
14.6	19	277.4	16.644	465	7,739.46	7%	541.76	1.44	376.22	6.27
14.6	20	292	17.52	465	8,146.80	7%	570.28	1.44	396.03	6.60
14.6	21	306.6	18.396	465	8,554.14	7%	598.79	1.44	415.83	6.93

Tabla 4: Ejemplo de calibración de la bomba del acelerante (Unidades Inglesas)

Volumen del pistón de la bomba (l)	Golpes por minuto	Volumen de concreto por minuto (ft³)	Volumen de concreto por hora (yd³)	Cantidad de cemento (lbs/yd³)	Cantidad de cemento por hora (lbs)	Dosificación del acelerante	Cantidad de acelerante por hora (lbs)	Densidad del acelerante (lbs/gal)	Galones por hora	Galones por minuto
0.52	15	7.8	17.33	783.8	13, 585.87	7%	951.01	12.0	79.25	1.39
0.52	16	8.32	18.49	783.8	14, 491.59	7%	1,014.41	12.0	85.53	1.40
0.52	18	8.84	19.64	783.8	15, 397.32	7%	1,077.81	12.0	89.81	1.50
0.52	18	9.36	20.8	783.8	16, 303.04	7%	1,141.21	12.0	95.10	1.58
0.52	19	9.88	21.96	783.8	17, 208.76	7%	1,204.61	12.0	100.30	1.68
0.52	20	10.4	23.11	783.8	18, 114.49	7%	1,268.01	12.0	105.60	1.76
0.52	21	10.92	24.27	783.8	19, 020.21	7%	1,331.41	12.0	110.90	1.84



Figura 4: Panel con lanzado hacia arriba con sobredosis de acelerante durante la colocación. Cuando el concreto golpea el panel fragua inmediatamente, lo que no permite el flujo del concreto alrededor de las barras de refuerzo, lo que ocasiona huecos y vacíos atrás.

Bibliografía

1. Dipl.-Ing. Jürgen Höfler, Putzmeister AG, Dipl.-Ing. HTL Jürg Schlumpf, Sika Services AG, Dipl.-Ing. FH Markus Jahn, Sika Services AG "Sika Sprayed Concrete Handbook" 4 Edition 08/2011
2. Raul Bracamontes "Manual para el diseño y aplicación del concreto lanzado" 2da edición
3. Abbas Mohajerani, Daniel Rodrigues, Christian Ricciuti, Christopher Wilson, "Early-Age Strength Measurement of Shotcrete", Journal of Materials, vol. 2015, Article ID 470160, 10 pages, 2015. <https://doi.org/10.1155/2015/470160>
4. "Durability of Dry-Mix Shotcrete Containing Rapid-Set Accelerators," ACI Materials Journal, May-June 1992, pp. 259-262.
5. ASTM C 1141 Standard Specification for Admixtures for Shotcrete 2015 EDITION

NT: Nota del traductor.

"This article originally appeared in the Volume 24, Number 3, 3rd Quarter 2022 issue of Shotcrete magazine. Reprinted courtesy of American Shotcrete Association | shotcrete.org"

Raúl Armando Bracamontes Jiménez, se graduó en el ITESO (Instituto de Estudios Superiores de Occidente) en 1994 con el título de ingeniero civil y desde entonces ha trabajado en la industria del concreto. Actualmente es propietario de ADRA Ingeniería S.A. de C.V. desde 2005. Habla español e inglés con y en su currículum incluye múltiples publicaciones y cursos impartidos sobre concreto lanzado. Es operador certificado por el ACI en el uso de boquillas de mezcla húmeda y es también examinador aprobado. Bracamontes es miembro del Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto (IMCYC), el Colegio de Ingenieros Civiles de León (CICL) y la American Shotcrete Association.



Comentario Editorial Revista Concreto Latinoamérica

A partir de 2023, Concreto Latinoamérica ofrece a los profesionales de nuestra industria la oportunidad de publicar artículos técnicos escritos por miembros de las comunidades de nuestros Capítulos ACI de América Latina.

Hoy tenemos el gusto de poder presentar un artículo escrito por el Ing. Raúl Bracamontes publicado originalmente en la revista *Shotcrete* en su número correspondiente al Tercer Trimestre de 2022.

Este artículo es relevante porque en abril de 2024, durante la 18^{ava} entrega de Reconocimientos 2023 **Carl E. Akeley** que otorga la Asociación Americana de Concreto Lanzado (*American Shotcrete Association (ASA)*), este Artículo resultó ganador de dicho galardón. El artículo llamado "Uso de aceleradores en concreto lanzado" (*"The use of rapid-set accelerators in shotcrete"*) fue escrito por el Ing. Raúl Bracamontes y la misma asociación lo publicó en el año 2022. (Volumen 24 Número 3 del 3er trimestre de 2022).



El Ing. Raúl Bracamontes ha participado en numerosos cursos, conferencias técnicas, eventos de capacitación y eventos diversos organizados por los Capítulos del ACI de Estados Unidos, México y Latinoamérica.

ASA estableció el premio **Carl E. Akeley** en el año 2005 para honrar los cimientos establecidos por él en lo que hoy se conoce como el proceso del concreto lanzado. Este reconocimiento se otorga al autor o autores de los mejores artículos técnicos publicados en la revista *Shotcrete* de la misma ASA durante los 12 meses previos, y son definidos por el Comité del Premio **Akeley** de la propia ASA.

Carl E. Akeley inventó la pistola lanzadora de cemento en 1907 e introdujo la versión comercial de ella en la Exposición del Cemento en Nueva York en el año de 1910. Por esta razón, **Akeley** es considerado como el inventor del proceso de lanzamiento de concreto¹.

Akeley nació en Clarendon, N.Y. en mayo 19 de 1864, y fue un connotado naturalista, taxidermista, inventor, fotógrafo y autor. Hizo contribuciones importantes al Museo Americano de Historia Natural y muchos otros museos en los Estados Unidos. Finalmente, él inventó la pistola lanzadora de concreto para poder reparar la fachada del Museo de Campo Columbia y posteriormente para mejorar la calidad de sus vitrinas de exhibición taxidermica en los museos. **Akeley** hizo cinco expediciones al África, durante las que se hizo de muchos animales para exhibir en los museos. El presidente Theodore Roosevelt lo acompañó en una de esas expediciones y lo motivó para que inventara la pistola lanzadora de concreto. Durante su quinta expedición al África, contrajo una enfermedad viral y falleció el 17 de noviembre de 1926².

Referencias

1. Teichert, P., "Carl Akeley – Un tributo al fundador del concreto lanzado" ("Carl Akeley – A tribute to the Founder of Shotcrete". Revista Shotcrete V 4. No 3 Verano de 2022. Pp 10-12.
2. Texto tomado y traducido de la revista Shotcrete 1st Quarter 2024 pp 11.



CONCRETO
LATINOAMÉRICA