

# CONCRETO

LATINOAMÉRICA



VOLUMEN III | NÚMERO 7 | JULIO 2022

# CONCRETO

## LATINOAMÉRICA

Volumen III - Número 7  
Julio de 2022

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

## CONTENIDO

### Pág.

- 4** | **Relación agua/cemento para que el concreto reciba un acabado con llana**  
Traducción y revisión técnica a cargo del  
Capítulo: México Noroeste
- 7** | **Pisos industriales de concreto reforzado con fibra: Una revisión de los conocimientos y la experiencia**  
Traducción y revisión técnica a cargo del  
Capítulo: México Noreste
- 15** | **Concreto, Preguntas y Respuestas: El vapor es el caballo de troya de la humedad en losas de concreto**  
Traducción y revisión técnica a cargo del  
Capítulo: Puerto Rico
- 23** | **Cierre: Pisos industriales de concreto reforzado con fibras**  
Traducción y revisión técnica a cargo del  
Capítulo: Estudiantil de Costa Rica
- 25** | **¿Qué es la recortadora hidráulica de pilotes?**  
Traducción y revisión técnica a cargo del  
Capítulo: Argentina

## COMITÉ EDITORIAL:

### Presidente del Comité Editorial:

Ing. Alejandro Miguel Narro Aguirre  
Presidente de la Sección Noreste de México del ACI.(2020-2022)

### Editor en Jefe:

Ing. José Lozano y Ruy Sánchez

### Editor Asociado:

Dr. Lucio Guillermo López Yépez

### Editor Técnico:

Dr. Alejandro Durán Herrera

### Traducción:

Anabel Merejildo

### Comité de Noticias y Eventos Concreto Latinoamérica

Ing. Jesús Fernando García Arvisu  
Ing. Jesús Arturo Angel Mellado

### 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  
LDI. Luis Yerel Romo Valdez

### Diseño Gráfico:

LDI. Monserrat Treviño Garza  
Alejandro Martínez Sánchez

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

### Diseño Editorial: Comunicación e Imagen Institucional FIC-UANL

### Cualquier asunto relacionado con la publicación

contactarse a :

Correo: concretolatam@gmail.com

Tel: +52 81 2146 4907

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 Julio del 2022. 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.

# Representantes de los Capítulos ACI de Latinoamérica:

**Argentina**  
**Colombia**

**Costa Rica**  
**Ecuador Centro y Sur**  
**Guatemala**

**México Noreste**  
**Mexico Noroeste**  
**México Centro y Sur**  
**México Sureste**  
**Panamá**  
**Perú**  
**Puerto Rico**

Dr. Raúl Bertero  
Dra. Nancy Torres Castellanos  
Dr. Fabían Lamus Báez  
Ing. Minor Murillo Chacón  
Ing. MSc. Santiago Vélez Guayasamín  
Ing. Luis Alvarez Valencia  
Ing. Xiomara Sapón Roldán  
Ing. Alejandro M. Narro Aguirre  
Ing. Jesús Fernando Garcia Arvizu  
Arq. Arturo Rodriguez Jalili  
Mtro. Josseph Eli Mandujano Zavala  
Ing. Jorge L. Quiróz  
Ing. Luciano López Vinatea  
Ing. Anabel N. Merejildo



*Arena de los Amigos en Estocolmo, Suecia. En la construcción de este estadio multiusos con techo retráctil y con capacidad de 65,000 asientos, y que fue terminado en el año 2011, se utilizaron 16,000 m<sup>3</sup> de concreto reforzado con fibras de acero en la losa de cimentación apoyada sobre pilas. Hoy en día, aproximadamente 20 millones de metros cúbicos de concreto reforzado con fibras de acero están en uso en Europa, Norteamérica y el este de Asia. (Foto de Håkan Dahlström de Malmö, Suecia. CCBT 2.0, Fuente: <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=80643218>) Más información en el artículo 2 en la página 7 de éste número de la revista Concreto Latinoamérica.*



**¡Únete Hoy!**  
**Conoce tu capítulo**  
**local ACI**

300+ Capítulos profesionales  
y estudiantiles  
[www.concrete.org/chapters](http://www.concrete.org/chapters)



American Concrete Institute  
*Always advancing*

# Relación agua/cemento para que el concreto reciba un acabado con llana

El Código de Construcción ACI 318-19, Tabla 19.23.2.1, requiere una relación máxima de agua-cemento ( $a/cm$ ) para el concreto de acuerdo con la severidad de la exposición anticipada de los miembros para cada categoría de exposición:

- Congelación y descongelación (F);
- Sulfato (S);
- En contacto con el agua (W); y
- Protección contra la corrosión del refuerzo (C).

La relación  $a/cm$  especificada en el Código varía de N/A (no aplicable) a 0.55, 0.50, 0.45 y 0.40, según la gravedad de la exposición. Rara vez se anticipa que el concreto interior que recibirá un acabado con llana esté en una categoría de exposición para la cual el código limita la máxima  $a/cm$ . Desafortunadamente, muchas especificaciones requieren un valor máximo de  $a/cm$  para concreto interior, a menudo tan bajo como 0.40, lo que tiene consecuencias no deseadas para el acabado de la superficie.

Algunos especificadores creen que una relación  $a/cm$  baja aumenta la resistencia a la abrasión por el tráfico de montacargas y da como resultado un tiempo de secado más rápido para que el concreto reciba un recubrimiento sensible a la humedad.

Kettle y Sadegzadeh ("Influencia de los procedimientos de construcción en la resistencia a la abrasión", SP-100: *Concrete Durability*, 1987, pp. 1385-1410) demostraron que el allanado mecánico repetido resultó en una mayor resistencia a

la abrasión y disminuyó la influencia del diseño de la mezcla al proporcionar una menor relación agua-cemento superficial ( $a/cm$ ) debido al fratasado.

ACI 302.2R-06, "Guía para losas de concreto que reciben recubrimientos sensibles a la humedad", Sección 9.4, recomienda una relación  $a/cm$  de 0.50 como el mejor compromiso entre la velocidad de secado y el rendimiento del acabado. Además, no es útil especificar un valor máximo de  $a/cm$  para una trabajabilidad adecuada del concreto, como se establece en ACI 302.1R-15, "Guía para la construcción de losas y pisos de concreto", Sección 8.4.4: "La cantidad de agua necesaria para producir una mezcla trabajable generalmente está determinada por las características del material agregado combinado utilizado en la mezcla y no se controla de manera efectiva especificando  $a/cm$ ". Y especificar un máximo de  $a/cm$  puede ser perjudicial, como se establece en la Publicación 2PE004-21 de la NRMCA, "Guía para mejorar las especificaciones para el concreto premezclado", Sección 2.11: "Incluir una relación  $a/cm$  máxima para el concreto donde no es esencial puede afectar negativamente la capacidad de colocar, y acabar el concreto y el desempeño del concreto debido al posible aumento del contenido de pasta, la temperatura elevada del concreto y la mayor propensión al agrietamiento".

Si se debe especificar *a/cm*, ACI 302.1R-15, Sección 8.4.4, recomienda un *a/cm* en el rango de 0.47 a 0.55 para que los pisos de concreto reciban un acabado con llana. Sin embargo, los concretos con la misma resistencia especificada, pero con una relación *a/cm* diferente no tendrán una trabajabilidad y una capacidad de acabado idénticas. Por ejemplo, considere la diferencia en el contenido de agua para el concreto con una resistencia a la compresión,  $f'_c$  de 4000 psi (28 MPa), que contiene 500 lb/yd<sup>3</sup> (297 kg/m<sup>3</sup>) de materiales cementantes totales, con una relación *a/cm* de 0.40 y 0.50. Los contenidos de agua son 24 y 30 gal./yd<sup>3</sup> (119 y 149 L/m<sup>3</sup>), respectivamente. La diferencia de 6 gal./yd<sup>3</sup> (30 L/m<sup>3</sup>) puede afectar drásticamente las propiedades de colocación y acabado del concreto.

Además, ACI 302.1R-15, Sección 8.3, establece que para el concreto aplicado con llana, “se requiere una cantidad mínima de agua para producir una mezcla trabajable y que se pueda terminar con características de fraguado uniformes y predecibles. Los aditivos reductores de agua actualmente disponibles funcionan mejor cuando se mezclan con concreto que tiene suficiente agua para producir un asentamiento inducido por agua de 3 a 4 pulg [75 a 100 mm] si no se agrega ningún aditivo. Si este asentamiento de agua no se puede lograr con el aditivo, los tiempos de fraguado y la capacidad de acabado pueden variar cuando el concreto se somete a variaciones normales de temperatura ambiente y tiempo entre la dosificación y la descarga. El valor de la prueba de asentamiento da como resultado tiempos de fraguado predecibles y la secuencia requerida de operaciones de acabado”.

A menudo, los productores de concreto premezclado retendrán el agua durante la dosificación e indicarán la cantidad en al remisión. Si bien la reducción del contenido de agua da como resultado una mayor resistencia a la compresión, sin embargo, no proporciona al concreto tiempos de fraguado predecibles o un acabado uniforme. La práctica de retener el agua debe discutirse en la reunión de preconstrucción de concreto, ya que esta práctica puede resultar en un acabado superficial indeseable en el concreto que recibirá un acabado pulido con llana.

La adición de agua en el sitio también debe discutirse como ASTM C94/C94M 21b, "Standard Specification for Ready-Mixed Concrete - Especificación estándar para concreto premezclado", Sección 12.7, permite agregar agua si el agua se retiene durante la dosificación o para no exceder la máxima *a/cm*. Si se requiere agua después de alcanzar la máxima *a/cm*, ACI 302.1R-15, Sección 9.2.1, recomienda que “debe hacerse con un aditivo ASTM C494/C494M Tipo A o Tipo F. Se debe tener cuidado al usar estos materiales, ya que pueden afectar las características de fraguado o acabado del concreto. La fluidez añadida también puede afectar el contenido de aire del concreto y crear contenidos de aire superiores al 2 o 3 por ciento normal de contenido de aire incluido en ausencia de agentes inclusores de aire... La secuencia de adición de aditivos y materiales cementantes puede afectar las propiedades del concreto.”

Los contratistas de concreto de la ASCC alientan a los especificadores a considerar las recomendaciones provistas en ACI 302.1R-15 y ACI 302.2R-06 para *a/cm* para que el concreto reciba un acabado con llana. Los contratistas de concreto de ASCC trabajarán con el propietario, el equipo de diseño, el gerente de construcción/contratista general, el laboratorio de pruebas y los proveedores de concreto premezclado para ayudar a evitar problemas con el acabado de la superficie como resultado de concretos de bajo *a/cm*.

Esta declaración de posición de la American Society of Concrete Contractors se presenta para el interés de los lectores por parte de los editores. Las opiniones expresadas no son necesariamente las del American Concrete Institute. Se invita al lector a comentar. Si tiene preguntas, póngase en contacto con su contratista de concreto de la ASCC o con la línea de asistencia técnica de la ASCC en el +1.800.331.0668. American Society of Concrete Contractors 2025 S. Brentwood Blvd., Suite 105 San Luis, MO 63144

Teléfono: +1.314.962.0210;

Fax: +1.314.968.4367

Sitio web: [www.ascconline.org](http://www.ascconline.org);

Correo electrónico: [ascc@ascconline.org](mailto:ascc@ascconline.org)

La traducción de este artículo correspondió al Capítulo de México Noroeste

*Título: Relación agua/cemento para que el concreto reciba un acabado con llana*



*Traductor:  
Cristian Silva*



*Revisor Técnico:  
Ing. Genaro Salinas*

# Pisos industriales de concreto reforzado con fibra: Una revisión de los conocimientos y la experiencia

por *Xavier Destrée y Barzin Mobasher*

En el número de mayo de 2021 de la revista *Concrete International*, un artículo de Johan L. Silfwerbrand analizaba las aplicaciones del concreto reforzado con fibras de acero (SFRC, por sus siglas en inglés) en pisos industriales.<sup>1 y 1A</sup> Varias afirmaciones justifican un mayor análisis, en particular las relacionadas con los llamados enfoques belga/continental (belga) y sueco para el diseño de losas de SFRC. En aras de presentar una postura alternativa, es conveniente compartir varios trabajos publicados recientemente que apuntan hacia un sector cambiante; a los recientes desarrollos en el diseño estructural, la experiencia práctica y el ensayo; y al avance de los cálculos de diseño en este campo en los últimos 15 años.

Se han desarrollado muchos procedimientos de diseño por parte de organismos internacionales de normalización, como el ACI, la Federación Internacional del Concreto Estructural (fib) o el Instituto Japonés del Concreto (JCI), que han sido adoptados a nivel nacional o regional. Por ejemplo, el enfoque belga para el diseño de pisos industriales<sup>1 y 1A</sup> de SFRC se utilizó como punto de partida de la gran cantidad de trabajo realizado por el Comité 544 del ACI, Concreto Reforzado con Fibras, durante las últimas dos décadas. Un hecho clave en este esfuerzo fue la publicación del reporte ACI 544.6R-15,<sup>2</sup> documento basado en las contribuciones

y verificaciones realizadas por numerosos investigadores internacionales. Las siguientes discusiones se basan en este y otros conocimientos disponibles y publicaciones recientes.

## Recursos Técnicos Adicionales del ACI disponibles

**Curso bajo pedido:** Sistemas de polímeros reforzados con fibra (FRP) para reforzar estructuras (serie de tres partes)

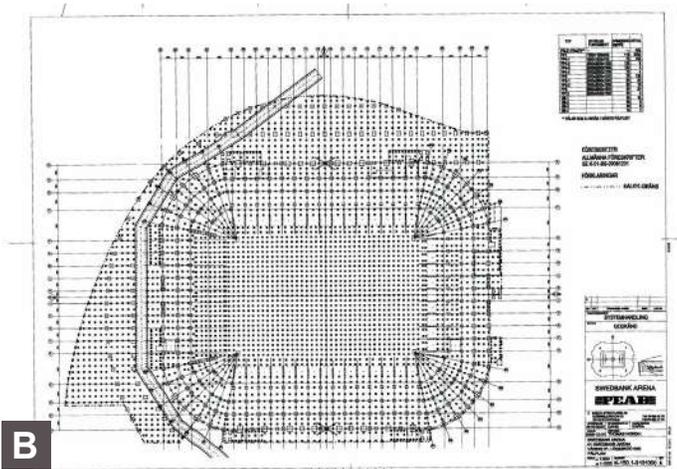
**Curso bajo pedido:** Diseño y construcción con Barra de polímero reforzado con fibra (FRP) (serie de dos partes)

**Curso bajo pedido:** Aplicaciones de campo de los métodos no convencionales de refuerzo y consolidación para puentes y estructuras

**Visita:** [www.concrete.org/education/aciuniversity.aspx](http://www.concrete.org/education/aciuniversity.aspx).



A



B

Figura. 1: Friends Arena: (a) Estadio polivalente con techo retráctil terminado en Estocolmo, Suecia, en 2011 (foto de Håkan Dahlström de Malmö, Suecia CC BY 2.0), fuente: <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=80643218>; (b) disposición de las pilas

Arena de Estocolmo, Suecia, con capacidad para 65,000 espectadores Fig. 1.

Tanto el enfoque de diseño belga como el sueco se aplican a losas sobre pilotes como sistemas necesarios debido a una baja capacidad de carga del suelo que impide tomar en cuenta el suelo para el soporte de la losa y las cargas impuestas. En estos sistemas, los pilotes soportan la losa, y el espesor de la losa está en función del tamaño, el número y la separación de los pilotes, así como de la función de cualquier refuerzo utilizado. La diferencia entre los dos métodos es que el enfoque sueco utiliza una losa de concreto reforzado con una combinación considerable de barras de refuerzo y refuerzo de alambre soldado, como se muestra en la Fig. 2. Mientras que el método belga se basa en una estrategia de refuerzo de “sólo fibra de acero”, como se muestra en la Fig. 3. La elevada dosis de fibras utilizada en los diseños basados en este último método contribuye a que las propiedades del material sean únicas, incluyendo una elevada resistencia a la tracción residual, que se traduce en contribuciones a la tracción desde la fase del concreto. Por lo tanto, estos enfoques son fundamentalmente diferentes entre sí.

## Planteamientos de diseño para losas de SFRC

El enfoque belga fue promovido para el uso de fibras de acero producidas por una de las principales empresas de fabricación de acero del mundo y se utiliza desde 1993.<sup>2</sup> Los propietarios y contratistas han usado continuamente el método, y el número de clientes de este enfoque se ha ampliado significativamente a medida que se desarrollan más aplicaciones para satisfacer los requisitos de construcción actuales de los pisos industriales.<sup>3-5</sup> Se ha confirmado que este método cumple los requisitos del reporte ACI 544.6R y proporciona diseños confiables y económicos. Aproximadamente 20 millones de m<sup>2</sup> (215 millones de pies<sup>2</sup>) de losas terminadas están en servicio en Europa, Norteamérica y el Este de Asia. Entre ellos se encuentran proyectos de gran visibilidad, como la cimentación continua de losa sobre pilotes de SFRC de 16,000 m<sup>3</sup> (565.000 ft<sup>3</sup>) para el Friends



Figura. 2: Ejemplos del refuerzo requerido en losas apoyadas en pilotes diseñadas con el método de diseño sueco

Se ha argumentado que los principales factores que contribuyen a la resistencia de una losa son el efecto de arco, el efecto de membrana y la reducida probabilidad de zonas débiles a gran escala. Sin embargo, advertimos que es fundamental tener en cuenta el rango de deformaciones necesarias para iniciar los efectos de arco o de membrana en una condición de resistencia última de estado límite. Además, un estado límite último (ULS) de colapso no es un criterio que se aplique habitualmente a las losas sobre tierra debido a la redundancia de la transmisión de cargas.



*Figura 3: Losa sobre pilotes de SFRC diseñada según el método belga (Montréal-Mirabel, 2001). El concreto se colocó por descarga directa de camiones de concreto. Los pilotes están sobre un enrejado de pilotes de unos 4 x 4 m (13 x 13 pies) (se pueden ver cuatro varillas de refuerzo dobladas en cada pilote)*

## El argumento del “conservacionismo”

El argumento para que un método sea más conservador que otro no debe basarse en una comparación de las especificaciones finales o de las directrices nacionales o regionales, porque el proceso de diseño no es una elección binaria. La elección debe basarse en un enfoque con antecedentes de aplicación en campo y ventajas económicas, incluido el costo de vida útil. La selección debe basarse en un enfoque que ofrezca la plena satisfacción del cliente a partir una serie de criterios tangibles y verificables.

La frase “método menos conservador” es, por tanto, preocupante. Si un método cumple con los criterios de diseño previstos, incluyendo la resistencia, la rigidez, la deflexión, la fluencia, el ancho de las grietas, el potencial de corrosión y los aspectos de durabilidad, basándose en métodos de prueba y cálculos verificables y válidos, debería poder competir entre las distintas opciones

disponibles. No se justifica una designación arbitraria como método conservacionista basada en el espesor o la resistencia última, especialmente cuando no se presentan cálculos cuantitativos.



*Figura 4: Losa elevada de SFRC construida con concreto fluido. Diseñada según el método descrito en el reporte ACI 544.6R-15, esta losa incluye un refuerzo de integridad -varillas de refuerzo inferiores que se extienden de columna en columna- para evitar el colapso progresivo en caso de sobrecarga o daños*

## Economía del proceso de construcción de losas de SFRC sobre pilotes

La justificación económica de un sistema de losa de SFRC sobre pilotes radica en su competitividad en términos de materiales utilizados (menos volumen de concreto y sin barras de refuerzo o refuerzo de alambre soldado), durabilidad, ductilidad y resistencia. También es importante tener en cuenta que la eliminación de la necesidad de trabajo en torno a y con los materiales de refuerzo tradicionales supone un ahorro que, en promedio, ronda las 200 horas-hombre por cada 1,000 m<sup>2</sup> (10,700 ft<sup>2</sup>) de losa construida, como se muestra en la Fig. 3. Utilizando este enfoque, es común completar secciones de hasta 3,000 m<sup>2</sup> (32,300 pies<sup>2</sup>) por día entre las juntas de construcción sin necesidad de cortar con sierra dichas juntas. La simplificación de las operaciones de construcción aporta beneficios económicos adicionales, como se muestra en la Fig. 4. Cuando el suelo es lo suficientemente estable como para soportar el peso del camión de concreto y servir de cimbra debajo de la losa, el concreto puede descargarse

directamente de los camiones, lo que conlleva grandes ahorros al eliminar la necesidad de bombear el concreto. Como alternativa, se suelen utilizar dúmper de 4 m<sup>3</sup> (141 ft<sup>3</sup>) (carritos de concreto) con neumáticos de baja presión, lo que permite operaciones de colocación de losas grandes. La eliminación del bombeo también reduce la necesidad de aditivos y finos en comparación con una mezcla bombeada, y el contenido de cemento también puede reducirse, lo que resulta en menos contracciones, alabeos y agrietamientos prematuros.<sup>5</sup>

## “Lecciones aprendidas” en Suecia

Observamos que Silfwerbrand y Hedebratt resumieron los datos de inspección de 25 losas soportadas por pilotes terminadas con SFRC conjuntamente con barras de refuerzo y/o refuerzo de alambre soldado siguiendo el método sueco propuesto.<sup>6</sup> El artículo muestra que, entre todas las losas, 12 mostraban grandes problemas de agrietamiento y de juntas, y entre estos 12 pisos, cinco mostraban líneas de fluencia. Creemos que estos resultados deben considerarse inaceptables. El reciente artículo afirma: “En muchos casos, los diseños basados en métodos más aventurados dan como resultado estructuras esbeltas con buen rendimiento. Sin embargo, también pueden dar lugar a losas con importantes agrietamientos”.<sup>1</sup> El término “métodos aventurados” es despectivo y, a pesar de las afirmaciones del autor, el “método belga/continental” de diseño se sale de esa categoría.

En los años 90, la Asociación Sueca del Concreto publicó el Reporte sobre Concreto No. 4,<sup>7</sup> que se consideraba a la vanguardia internacional. Sin embargo, hoy en día se ha realizado una gran cantidad de trabajo, ya que los códigos de construcción permitieron el desarrollo de un “método de diseño asistido por la ruta de las pruebas a escala real”. Hasta ahora se han ensayado e investigado ampliamente más de 11 losas continuas elevadas de SFRC a escala real, y varias de ellas se han descrito en artículos publicados en revistas especializadas y reportes de comités.<sup>2</sup>

Entre las 11 pruebas a escala real de losas de SFRC, nueve se realizaron en condiciones elevadas y continuas, de modo que no había posibilidad de que se apoyaran en el suelo. El grosor de la losa no era “delgado”, como afirmaba el autor, pero era suficiente para soportar las cargas tanto de servicio como del ULS (Estado Límite Último). Las dos últimas pruebas eran losas de SFRC sobre pilotes, probadas a la intensidad de carga de servicio más crítica. Debido al asentamiento natural del suelo entre los pilotes, el suelo estaba entre 10 y 60 mm (0.4 a 2.4 pulg.) por debajo de la cara inferior de las losas. Los ensayos mostraron que, con la intensidad de carga de servicio, las losas diseñadas según el método belga presentaban deformaciones que oscilaban entre el claro/1000 y el claro/3000. Por lo tanto, las losas eran bastante rígidas, ya que la deflexión de servicio estándar es limitada al claro/500.

## Reporte ACI 544.6R-15 sobre tecnologías emergentes

El Comité ACI 544 evaluó el método denominado belga durante más de 7 años, y el comité lo utilizó como base para las recomendaciones de un nuevo documento. El objetivo estaba basado en el desarrollo de herramientas de análisis y diseño para verificar el diseño utilizando los resultados de las pruebas disponibles, los ensayos de materiales y el análisis estructural, de manera que las pruebas a escala real no fueran una parte necesaria de los procedimientos de validación. Los resultados de este esfuerzo culminaron con la publicación del reporte ACI 544.6R-15. Éste aborda los aspectos de diseño y construcción de losas de SFRC sobre suelo (G-SFRC) y losas continuas elevadas (E-SFRC). Aunque no figura en la lista de referencias del artículo analizado, aborda la mayor parte de las preguntas del autor y las declaraciones sobre necesidades de investigación.

El proceso de diseño incluye la comprobación del ULS así como del estado límite de servicio (SLS) bajo cargas variables y permanentes. En el nivel del SLS, la estructura se revisa bajo una combinación de cargas, utilizando un

modelo convencionalmente aceptable, factores de seguridad y estados de agrietamiento supuestos, de manera que la losa no se desvíe más que el límite estándar del claro/500, y que el agrietamiento se mantenga por debajo de un límite práctico en función de la naturaleza del entorno y de los modelos de comportamiento supuestos.

La intensidad de carga del ULS es, como máximo, de 1.5 a 1.6 veces la intensidad de carga del SLS; no obstante, no existen límites específicos para la deflexión o la extensión del agrietamiento, lo que hace que la evaluación cuantitativa de la falla sea bastante abstracta, ya que la naturaleza del daño en esta etapa y después de ella no está bien definida. Se pretende que la estructura permanezca estable en el punto del ULS, ya que las cargas liberadas se redistribuyen y se evita el colapso catastrófico. También está claro que, en el punto de ULS, no se espera que la estructura siga siendo útil debido a la extensión de las grietas en las líneas de fluencia. La fase del ULS se considera una advertencia de que la estructura está muy cerca de la pérdida total de capacidad, y es necesario evacuar inmediatamente para salvaguardar vidas. Aunque ya no sea utilizable en el ULS, la estructura de prueba debe ser capaz de someterse a un nuevo aumento en la carga hasta el colapso.

La noción de que una estructura es más (o menos) conservadora en el ULS que otra estructura no se relaciona directamente con las diferentes ecuaciones de diseño, tipos de falla o códigos; es una forma de especificar que para los mismos mecanismos de falla, una estructura que es más gruesa o tiene más refuerzo soportará más de la misma carga, y en efecto es menos económica. Asimismo, el autor afirma que: “las losas sobre el suelo y las losas soportadas por pilotes no se consideran estructuras que soporten cargas”<sup>1</sup>. Esto está muy lejos de la realidad. Cualquier piso industrial debe estar diseñado para soportar las cargas que se le apliquen con los suficientes factores de seguridad.

## La ductilidad del SFRC

La ductilidad del SFRC es su mayor ventaja. La energía mecánica disipada en el material se mide a partir de la respuesta de carga y deflexión obtenida del ensayo de viga a flexión según ASTM C1609/C1609M-19a<sup>8</sup> o los datos de carga frente a la apertura de grietas obtenidos del ensayo de viga con muesca conforme a BS EN 14651.<sup>9</sup> Estas últimas pruebas se realizan hasta un desplazamiento de apertura de la boca de la grieta (CMOD) de 3.5 mm (0.1 pulgadas), o un nivel de deflexión similar. Además, la capacidad de flexión residual se mide después de que el concreto se haya agrietado y la carga de tracción es soportada principalmente por las fibras que forman un puente en la grieta. Los niveles de deformación de los SFRC en las pruebas de flexión están muy por encima del límite elástico del concreto en flexión. Es la resistencia posterior al agrietamiento la que ayuda a soportar las cargas adicionales en flexión, especialmente si la losa se diseña como estructuralmente indeterminada. Creemos que es incorrecto suponer que los resultados de los ensayos de la norma BS EN 14651 proporcionan un valor sobrestimado de la resistencia a la tracción debido a la acción del arco. La viga según BS EN 14651 es una viga con muesca apoyada simplemente, por lo que el agrietamiento inicial y las cargas máximas se ven afectados por el proceso de fractura, así como su localización. Además, como las muestras descansan sobre un rodillo, no puede desarrollarse ninguna fuerza de resistencia horizontal típica del efecto de arqueado. La naturaleza de la discrepancia con la resistencia a la tracción está relacionada con la diferencia en la distribución de los esfuerzos de flexión y de tracción, así como con la preselección del plano de fallo mediante la colocación de una muesca en la muestra. Estas áreas han sido tratadas a fondo, y los procedimientos como los del Reporte ACI 544.8R-16<sup>10</sup> proporcionan suficientes detalles sobre cómo obtener una resistencia a la tracción residual equivalente a partir de los ensayos a flexión. Asimismo, la guía ACI 544.4R-18<sup>11</sup> permite realizar cálculos estructurales de secciones de FRC utilizando estos datos.

Como señala el reporte ACI 544.6R-15, la ductilidad global de una losa soportada por pilotes se debe a la combinación del material y la ductilidad estructural, propia del tipo de estructura y su grado de indeterminación estructural. Al igual que el pequeño espécimen estándar según BS EN 14651 o el espécimen de prueba según ASTM C1609/C1609M para la resistencia residual a la flexión, una viga simplemente apoyada es una estructura determinada y no se dispone de ductilidad estructural para la redistribución de la carga. Sin embargo, una losa soportada por pilotes tiene un nivel muy alto de indeterminación estructural porque, en el estado final, se desarrollan múltiples conjuntos de líneas de fluencia. Esto da lugar a grietas que se inician en dos direcciones coordinadas, así como en la parte superior e inferior de la losa, debido a los momentos de flexión positivos y negativos. Los múltiples mecanismos de agrietamiento proporcionan la capacidad de carga añadida a las losas soportadas por pilotes. Por lo tanto, la continuidad de las losas y la separación de los pilotes se convierten en importantes parámetros de diseño.

El SFRC es favorable al comportamiento de las líneas de fluencia debido a la alta ductilidad del material. El autor no cita cálculos de ingeniería sobre la acción del arco resultante de la fricción entre la losa y el suelo subyacente. Sin embargo, las cargas situadas cerca de un pilote u otro apoyo resistirán por un efecto de arco que se desarrollará sin restricción horizontal, de forma parecida a como se tratan las cargas cercanas al apoyo cuando se diseñan vigas de concreto a cortante.

El efecto de arco en las losas de concreto fue estudiado por Birke<sup>12</sup> y Nilsson,<sup>13</sup> utilizando losas de concreto reforzadas convencionalmente y concreto lanzado reforzado con fibra anclado en roca, respectivamente. En ambos casos se constató un movimiento sustancial debido a la acción del arco. Las Figuras de la 1 a la 4 del reciente artículo<sup>1 y 1A</sup> son diagramas esquemáticos de los tipos de fallas esperados. Hay una gran cantidad de investigación básica que discute estos tipos.<sup>6,12</sup> A pesar de la afirmación de que nadie ha estudiado el efecto de arco en losas de concreto con fibras sobre suelo o losas sobre

pilotes, se han editado una serie de excelentes publicaciones y pruebas a escala real en esta área por parte de algunos de los principales investigadores en la materia, incluyendo a Destrée y Mandl,<sup>3</sup> Soranakom et al.,<sup>4</sup> Mobasher y Destrée,<sup>5</sup> di Prisco et al.,<sup>14</sup> Nogales y de la Fuente,<sup>15</sup> Blanco et al.,<sup>16</sup> Pujadas et al.,<sup>17</sup> Barros y Figueiras,<sup>18</sup> Balletti, et al.,<sup>19</sup> Facconi et al.,<sup>20</sup> y Salehian y Barros.<sup>21, 22</sup>

La falla del SFRC en una estructura indeterminada se rige por la formación de varias líneas de fluencia antes de que un mecanismo tenga lugar. Contrariamente en el caso de la mecánica de la fractura, el punto más débil no rige la falla. La contribución de una viga apoyada de forma sencilla, en la que los apoyos pueden girar libremente, es muy escasa y no puede desarrollarse ninguna fuerza de compresión axial neta. Por lo tanto, el argumento aplicado al ensayo BS EN 14651 no es válido. En cuanto a la afirmación “En una viga estáticamente indeterminada...”, la viga no se derrumbará antes de la aparición de grietas adicionales. El riesgo de dos zonas débiles es menor que el riesgo de una sola zona débil. Aunque los materiales pueden tener una gran dispersión en los resultados de las pruebas según la BS EN 14651, las grietas iniciales en una estructura indeterminada no son los puntos de falla determinantes de la estructura. Al afirmar que “el concepto de diseño sueco es una forma de ingeniería para resolver el problema. Se agradecerían más investigaciones para desarrollar conceptos más detallados y precisos”<sup>1</sup>, no se reconoció la gran cantidad de información disponible sobre este enfoque de diseño. La teoría de la línea de fluencia ha sido la base de las pruebas y el diseño del ACI 544.6R-15 y nos ha servido bien en esta disciplina. En 2018, Facconi et al.<sup>20</sup> afirmaron que una de las aplicaciones estructurales más prometedoras del SFRC está representada por las losas elevadas debido al alto grado de redundancia de estas estructuras.

## Áreas que necesitan investigación

Creemos que la afirmación relativa a las “necesidades de investigación” no reconoce los esfuerzos que llevaron a la popularidad del SFRC en losas apoyadas en pilotes durante los últimos 15 años. Los criterios de servicio son muy importantes en el contexto de los parámetros de diseño porque rigen la funcionalidad de un sistema para pisos, y una falla al nivel de servicio siempre ocurrirá antes que el ULS. Debe prestarse más atención a la estabilidad dimensional, al ancho de la grieta, a las características de la deflexión y a la potencial formación de patrones de líneas de rendimiento, ya que todo ello conduce al tipo último de falla. La magnitud del ULS como multiplicador de los criterios de utilidad no es tan importante. Se espera que la funcionalidad de una losa sobre suelo se agote mucho antes de que se produzca la falla mediante una acción de compresión de la membrana o a cortante por punzonamiento.<sup>20</sup>

## Observaciones finales

No estamos de acuerdo en que dos métodos de seguridad con diferentes niveles de seguridad no sean deseables. Los niveles de conservacionismo calculados sobre la base de mecanismos supuestos que pueden incluso no tener lugar en las situaciones de carga reales no pueden ser la base para seleccionar un diseño favorable entre ambos. Por otro lado, no está claro por qué habría un problema con dos métodos que compiten entre sí y que están siendo validados y probados en el campo. ¿Qué es lo que haría que este proceso no fuera deseable?

## Referencias

1. Silfwerbrand, J.L., “Industrial Fiber Concrete Floors,” *Concrete International*, V. 43, No. 5, May 2021, pp. 33-36.
- 1A. Silfwerbrand, J.L., “Pisos Industriales de Concreto con Fibras” *Concreto Latinoamérica*, Volumen 2, Número 5, Mayo 2021 pág 20-25.
2. ACI Committee 544, “Report on Design and Construction of Steel Fiber-Reinforced Concrete Elevated Slabs (ACI 544.6R-15),” American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2015, 38 pp.

3. Destrée, X., and Mandl, J., “Steel Fibre Only Reinforced Concrete in Free Suspended Slabs,” *Concrete Engineering International*, V. 13, No. 1, Spring 2009.
4. Soranakom, C.; Mobasher, B.; and Destrée, X., “Numerical Simulation of FRC Round Panel Tests and Full-Scale Elevated Slabs,” *Deflection and Stiffness Issues in FRC and Thin Structural Elements*, SP-248, P. H. Bischoff and F. Malhas, eds., American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2007, pp. 31-39.
5. Mobasher, B., and Destrée, X., “Design and Construction Aspects of Steel Fiber-Reinforced Concrete Elevated Slabs,” *Fiber Reinforced Self-Consolidating Concrete: Research and Applications*, SP-274, C.-M. Aldea and L. Ferrara, eds., 2010, pp. 95-107.
6. Hedebratt, J., and Silfwerbrand, J., “Lessons Learned – Swedish Design and Construction of Industrial Concrete Floors,” *Nordic Concrete Research*, Publication No. 45, June 2012, pp. 75-92.
7. Swedish Concrete Association, “Stålfiberbetong—rekommendationer för konstruktion, utförande och provning (Steel Fibre Concrete—Recommendations for Design, Construction and Testing),” *Concrete Report No. 4*, second edition, Swedish Concrete Association, Stockholm, Sweden, 1997, 135 pp. (in Swedish)
8. ASTM C1609/C1609M-19a, “Standard Test Method for Flexural Performance of Fiber-Reinforced Concrete (Using Beam with Third-Point Loading),” *ASTM International*, West Conshohocken, PA, 2019, 9 pp.
9. BS EN 14651:2007+A1:2008, “Test Method for Metallic Fibre Concrete—Measuring the Flexural Tensile Strength (Limit of Proportionality [LOP], Residual),” *BSI Group*, London, UK, 2008, 20 pp.
10. ACI Committee 544, “Report on Indirect Method to Obtain Stress-Strain Response of Fiber-Reinforced Concrete (FRC) (ACI 544.8R-16),” American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2016, 24 pp.
11. ACI Committee 544, “Guide to Design with Fiber-Reinforced Concrete (ACI 544.4R-18),” American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2018, 44 pp.
12. Birke, H., “Kupoleffekt vid betongplattor (Arch Action in Concrete Slabs),” *Bulletin No. 108*, Department of Structural Mechanics and Engineering, KTH Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden, 1975. (in Swedish)
13. Nilsson, U., “Structural Behaviour of Fibre Reinforced Sprayed Concrete Anchored in Rock,” PhD thesis, *Bulletin No. 71*, Department of Structural Engineering, KTH Concrete Structures, Stockholm, Sweden, 2003.
14. di Prisco, M.; Martinelli, P.; and Parmentier, B., “On the Reliability of the Design Approach for FRC Structures According to fib Model Code 2010: The Case of Elevated Slabs,” *Structural Concrete*, V. 17, No. 4, Dec. 2016, pp. 588-602.

15. Nogales, A., and de la Fuente, A., "Numerical-Aided Flexural-Based Design of Fibre Reinforced Concrete Column-Supported Flat Slabs," *Engineering Structures*, V. 232, Apr. 2021.

16. Blanco, A.; Cavalaro, S.; de la Fuente, A; Grünwald, S.; Blom, C.B.M.; and Walraven, J.C., "Application of FRC Constitutive Models to Modelling of Slabs," *Materials and Structures*, V. 48, No. 9, Sept. 2015, pp. 2943-2959.

17. Pujadas, P.; Blanco, A.; Cavalaro, S.H.P.; Aguado, A.; Grünwald, S.; Blom, K.; and Walraven, J.C., "Plastic Fibres as the Only Reinforcement for Flat Suspended Slabs: Parametric Study and Design Considerations," *Construction and Building Materials*, V. 70, Nov. 2014, pp. 88-96.

18. Barros, J.A.O., and Figueiras, J.A., "Experimental Behaviour of Fibre Concrete Slabs on Soil," *Mechanics of Cohesive-frictional Materials*, V. 3, No. 3, July 1998, pp. 277-290.

19. Belletti, B.; Walraven, J.C.; and Trapani, F., "Evaluation of Compressive Membrane Action Effects on Punching Shear Resistance of Reinforced Concrete Slabs," *Engineering Structures*, V. 95, July 2015, pp. 25-39.

20. Facconi, L.; Plizzari, G.; and Minelli, F., "Elevated Slabs Made of Hybrid Reinforced Concrete: Proposal of a New Design Approach in Flexure," *Structural Concrete*, V. 20, No. 1, Feb. 2019, pp. 52-67.

21. Salehian, H., and Barros, J.A.O., "Prediction of the Load Carrying Capacity of Elevated Steel Fibre Reinforced Concrete Slabs," *Composite Structures*, V. 170, June 2017, pp. 169-191.

22. Salehian, H, and Barros, J.A.O., "Structural Response of the E-SFRSCC Slabs," BEFIB 2016—9th RILEM International Symposium on Fibre Reinforced Concrete, Vancouver, BC, Canada, Sept. 19-21, 2016.



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

*Título: Pisos industriales de concreto reforzado con fibra: Una revisión de los conocimientos y la experiencia*



**Traductor:**  
*Lic. Iliana M. Garza Gutiérrez*



**Revisor Técnico:**  
*M.A. Erick Villanueva Rodríguez*

## Concreto, Preguntas y Respuestas: El vapor es el caballo de troya de la humedad en losas de concreto

Este mes en el segmento de P&R (Pregunta & Respuesta) se resalta una cándida discusión sobre el agua y su relación a las losas sobre terreno. A través de una serie de respuestas a algunas preguntas frecuentes, Scott Tarr de North S. Tarr Concrete Consulting, PC., en Dover, NH, EE. UU., discute la migración del agua; el pH en la superficie de la losa; eflorescencia; membranas de vapor o retardantes; curvado en losas; humedad en losas; concreto expuesto al agua, sulfatos, congelación y descongelación, y los cloruros; aditivos para detener la transmisión de vapor; y la humedad del concreto y la instalación del acabado de piso.

**P**

*El agua tiende a acumularse bajo las cajas almacenadas directamente en la superficie del piso de nuestro almacén, y muchas de las baldosas de vinilo de nuestro espacio de oficinas están sueltas en un adhesivo viscoso. ¿Tenemos un problema de presión hidrostática del agua, o el agua está siendo arrastrada a través del concreto por tensión capilar?*

**R**

Es poco probable que estos problemas sean causados por la presión hidrostática o la acción capilar. Para que la presión hidrostática del agua sea la causa, la losa de hormigón tendría que estar por debajo del nivel freático o cercano de agua empozada. Además, dado que el hormigón es relativamente impermeable al agua en su forma líquida (por eso se utiliza en tuberías, tanques y presas para contener líquidos), la presión hidrostática podría forzar el paso del agua líquida a través de una losa sobre terreno solo por las grietas y juntas.

Para que la acción capilar sea la causa directa, la losa tendría que estar compuesta por un hormigón de muy baja calidad con una red continua de pequeños vanos conectados entre sí en la pasta entre

las partículas de agregado (capilares), similar a la de algunos suelos de grano fino. Para el concreto con una relación agua-cemento ( $w/c$ ) de 0,70 e inferior, la hidratación del cemento portland acaba de cerrar los capilares, dando lugar a vanos discontinuos que no transportan agua líquida. La Tabla 1 resume los estudios<sup>1-3</sup> que muestran el efecto de la relación agua-cemento en el tiempo que tarda la hidratación del cemento en hacer discontinuos los capilares. También se muestran en la Tabla 1 las resistencias típicas a la compresión a 28 días obtenidas con mezclas sin aire incorporado (las mezclas con aire incorporado tendrían resistencias más bajas). Con o sin aire incorporado, las mezclas con  $w/c$  superior a 0,70 no deben utilizarse cuando la intrusión de humedad es una preocupación, ya que los capilares creados por el agua de mezcla nunca se cerrarán.

Sin embargo, la acción capilar en la subrasante puede contribuir a ello, ya que la tensión superficial del suelo de grano fino puede arrastrar el agua líquida a grandes distancias por encima del nivel freático. Por lo tanto, se recomienda una rotura capilar -una capa de piedra más grande y abierta- para romper la tensión y evitar ese transporte de agua líquida a la parte inferior de una losa sobre el suelo. Aun así, el agua puede seguir migrando a la superficie de la losa si no se diseña para detener el vapor. Al igual que los griegos utilizaron el Caballo de Troya para ocultarse, "colarse" en la ciudad de Troya, y luego emerger para ganar la Guerra de Troya, el agua puede cambiar de fase, moverse invisiblemente a través de la rotura capilar y la losa en forma de vapor, y luego condensarse en agua líquida. Este cambio de fase es importante, ya que puede ocurrir en todos los climas y condiciones, y las pruebas han demostrado que el hormigón a veces actúa de forma higroscópica para aumentar la tendencia a la condensación de la humedad.

**Tabla 1: Tiempo aproximado para que el sistema de poros capilares de la pasta de cemento se vuelva discontinuo (de referencias 1 a 3). Las resistencias a la compresión a los 28 días tabuladas son valores comúnmente esperados**

W/C	Tiempo de cierre de los capilares	Resistencia a la compresión aproximada, psi
0.40	3 días	6000
0.45	7 días	5500
0.50	14 días	5000
0.60	6 meses	4000
0.70	1 año	3000
>0.70	imposible	2000

*Nota: 1000 psi = 6.9 MPa*

En su almacén, la condensación puede producirse debajo de palés, productos y alfombras relativamente impermeables colocados directamente en el suelo, ya que los artículos almacenados atrapan el aire, lo que permite que éste contenga cantidades crecientes de vapor de agua y acabe alcanzando el punto de rocío (la temperatura a la que un volumen determinado de aire a una presión atmosférica dada está saturado de vapor de agua). Por tanto, la condensación puede producirse a temperaturas ambientales más altas que en las superficies de las losas expuestas. En su oficina, la condensación se produce debajo de las baldosas del suelo en gran medida porque el sistema de aire acondicionado enfría el material del suelo de baja permeabilidad y el hormigón cercano hasta el punto de rocío.

P

*¿El agua líquida condensada daña los adhesivos de los revestimientos de suelos?*

R

No exactamente. Aunque la mayoría de los adhesivos para suelos no se ven afectados por el agua pura, muchos no pueden soportar soluciones con valores de pH superiores a 11 aproximadamente. Aunque el condensado que se forma bajo un revestimiento de suelo de baja permeabilidad tiene inicialmente un pH neutro, inmediatamente comienza a disolver materiales solubles, incluyendo sales alcalinas, como el hidróxido de potasio, sodio y calcio. Estas sales se concentran en la superficie de la losa durante la colocación del hormigón, ya que el agua de sangrado sube a la superficie y el agua se evapora. Una vez que la losa se endurece, estas sales son inocuas; sin embargo, producen iones de hidróxido cuando entran en solución en el condensado bajo las baldosas, dando lugar a una solución con un pH superior a 12. Esta solución daña los adhesivos de los suelos.<sup>4</sup> Una vez más, hay que tener en cuenta que las sales no fueron transportadas a la superficie de la losa por el movimiento del vapor o del agua líquida a través del concreto fraguado. Fueron transportadas por el agua de sangrado normal antes del fraguado y curado del concreto.

P

*¿Son estas sales solubles el depósito blanco que vemos después de que se seca la superficie de una losa?*

R

Sí. Las sales concentradas por el agua de sangrado durante la construcción y puestas en solución por el vapor de agua condensado darán lugar a un residuo blanco después de que el condensado se haya secado de la superficie de una losa de hormigón. Se llama eflorescencia, el mismo término que se aplica a los depósitos que se forman en un muro de mampostería tras la evaporación del agua de lluvia que ha arrastrado las sales solubles fuera del mortero. Las sales alcalinas solubles suelen quedar después de retirar un sistema de suelo dañado por la condensación y de limpiar y dejar secar la superficie del forjado. Las sales también pueden quedar en los suelos descubiertos tras la evaporación de la condensación que se ha formado bajo los artículos almacenados o durante un evento de sudoración asociado a un rápido aumento de la humedad relativa (HR) ambiental sobre una losa fría. En ambos casos, las sales aparecerán como un residuo blanco. Es muy importante limpiarlas lo antes posible, ya que pueden ser difíciles de eliminar más adelante y aumentan el riesgo de sudoración en el futuro.

# P

*Si el agua líquida no se mueve a través del hormigón de calidad, ¿cómo puede moverse el vapor de agua a través de él?*

# R

Como se ha comentado anteriormente, aunque el hormigón es relativamente impermeable al agua líquida, no lo es al vapor de agua, que es un gas. Hay una diferencia sustancial entre la permeabilidad al agua y la permeabilidad al vapor de agua. Asimismo, la impermeabilización al agua líquida y la impermeabilización al vapor de agua no son lo mismo. El vapor de agua atraviesa el hormigón pero, si los huecos en cualquier lugar del hormigón están a la temperatura del punto de rocío o cerca de ella, el vapor se condensa en líquido. El punto de rocío depende de la HR y la temperatura del aire en los huecos, y el potencial de condensación aumenta con la HR. A medida que el vapor se desplaza naturalmente de forma vertical desde la capa freática a la atmósfera como parte del ciclo hidrológico, la tasa de transmisión disminuye y la HR aumenta cerca de las interfaces con materiales de menor permeabilidad. En estos lugares es más probable que se produzca la condensación. Como analogía, considere el flujo de coches en una autopista: la velocidad del tráfico disminuye y la densidad del tráfico aumenta en un peaje, y ahí es donde muchos coches se detendrán. Lo mejor es reducir la velocidad de transmisión del vapor antes de que el vapor de agua llegue a la parte inferior del suelo o de los productos almacenados, por lo que se recomienda colocar un retardador de vapor con una permeabilidad inferior a la del sistema de suelo inmediatamente debajo de la losa de hormigón sobre el suelo.

# P

*¿Los retardadores de vapor provocan el curvado de las losas sobre el suelo?*

# R

No, este mito ha sido totalmente desmentido. De hecho, las losas de hormigón colocadas directamente sobre plástico se curvan menos que las colocadas en contacto con el suelo.<sup>5</sup>

# P

*Cuando se utiliza una barrera de vapor bajo la losa de hormigón, ¿la humedad deja de ser un problema?*

# R

Una barrera de vapor es un buen comienzo. Cuando se instalan directamente bajo la losa, las láminas de plástico que cumplen con la norma ASTM E1745<sup>6</sup> pueden evitar que la humedad del suelo se transmita a través de la losa a una velocidad superior a la permeabilidad del sistema de suelo. Sin embargo, la mayoría de las láminas de plástico instaladas bajo una losa de hormigón se consideran retardadores de vapor, ya que no son impermeables al vapor y sólo sirven para reducir la tasa de transmisión a menos de 0,1 perms. Esto puede seguir siendo mayor de lo que requiere el sistema de suelo. Afortunadamente, existen materiales menos permeables. La norma ACI 302.1R-15, sección 5.2.3.1,<sup>7</sup> sugiere que los retardadores de vapor que reducen eficazmente el índice de transmisión de vapor a 0,01 perms podrían considerarse "barreras" de vapor. Pero incluso cuando se utiliza una barrera de vapor eficaz para reducir la tasa de transmisión de vapor que entra en la losa de hormigón a una tasa inferior a la permeabilidad del sistema de pavimento, todavía puede haber humedad disponible dentro del hormigón. Antes de la instalación del suelo, la losa de hormigón se seca desde la superficie expuesta hacia abajo, creando un gradiente de humedad a través de la profundidad de la losa. La magnitud de este gradiente de humedad y el potencial de contracción por secado de la mezcla de hormigón determinan el grado de curvatura. La magnitud del gradiente se reduce gracias a los retardadores de vapor, lo que disminuye el rizado, pero el periodo de secado puede ser mucho más largo de lo que permite el contrato de construcción.<sup>2</sup> Una vez instalado el suelo, la humedad se redistribuye y la humedad de la parte más profunda de la losa rehidrata la región superior, más seca. Es importante verificar que el estado de humedad de la losa es aceptable para los fabricantes del suelo (material del suelo, adhesivo, imprimación y otros). Si no es así, existen sistemas tópicos de mitigación del vapor de agua que tienen una permeabilidad de 0,1 perm o menos (ASTM F3010<sup>8</sup>).

# P

*¿Es necesario proteger las losas de hormigón contra la exposición al agua líquida del suelo?*

# R

Siempre es aconsejable drenar el agua de escorrentía lejos de los cimientos y utilizar piedra de grado abierto como ruptura capilar, si es necesario, para evitar la exposición de la parte inferior al agua líquida. Las capas de rotura de capilaridad también deben cubrirse con material fino para reducir la restricción por fricción en la losa o minimizar el riesgo de perforar el retardador de vapor. Algunas aguas, como el agua de mar, contienen altos niveles de sulfatos que pueden atacar y deteriorar el hormigón. Algunos suelos también contienen sulfatos, por lo que es importante diseñar las losas sobre el terreno para tales condiciones de exposición, si es necesario. Las normas ACI 318-19<sup>9</sup> y ACI 301-20<sup>10</sup> establecen requisitos de durabilidad para las mezclas de hormigón expuestas a los sulfatos (categoría de exposición S), como la reducción de la relación w/c o el uso de cemento tipo V. Recientemente, se ha sugerido la idea de aislar el hormigón de los sulfatos solubles

en agua como un método de protección igualmente eficaz, o quizás más eficaz.<sup>11,12</sup> Una barrera de vapor en la parte inferior puede servir para aislar el hormigón de los sulfatos, creando así la categoría de exposición mínima S0. Los sulfatos son solubles en agua y son transportados por el agua líquida pero no son transportados por el vapor de agua, por lo que no penetran las barreras de vapor efectivas.

P

*¿Es posible el aislamiento para otras categorías de exposición enumeradas en ACI 318-19 y ACI 301-20?*

R Las losas expuestas a ciclos de congelamiento y deshielo (Categoría de exposición F) se encuentran típicamente en exteriores, sujetas a la lluvia, nieve o aguanieve como fuentes de humedad, de modo que los retardadores de vapor no resultan muy útiles o son muy recomendables en estas aplicaciones. Sin embargo, los retardadores de vapor son siempre considerados en el diseño de losas internas de congeladores para limitar la exposición a la humedad y el crecimiento de cristales de hielo entre la parte inferior de la losa de concreto y el aislamiento. Los retardadores de vapor pueden también ser útiles para otras categorías de exposición. Para la exposición al agua (categoría de exposición W), los retardadores de vapor mantienen la humedad fuera de la losa y permiten que se sequen, limitando la humedad disponible para la reactividad de los agregados alcalinos, como la reacción álcali-sílice (ASR). Asimismo, en el caso de la exposición a cloruros (categoría de exposición C), los retardadores de vapor disminuyen la humedad necesaria para la corrosión de la armadura de acero embebida. Como el hormigón de calidad no permite que los iones de cloruro solubles en agua sean transportados desde el suelo o el agua de riego hasta el acero embebido con un recubrimiento de hormigón adecuado, los límites de iones de cloruro en ACI 318-19 y ACI 301-20 se aplican a los cloruros aportados por los materiales del hormigón, no por el entorno que lo rodea. Sin embargo, como los retardadores de vapor eficaces impiden que el hormigón se rehidrate tras el periodo de secado inicial, reducen la categoría de exposición a la C0 y permiten un mayor contenido máximo de iones cloruro solubles en agua en la mezcla de hormigón. Esto puede ser muy útil cuando se necesitan ciertos aditivos, como los aceleradores.

P

*¿Qué pasa con los aditivos que impiden la transmisión de vapor?*

R Para ser tan efectivos como los retardadores de vapor o los sistemas tópicos de mitigación de la humedad, los aditivos integrales que afirman detener la transmisión de vapor deben reducir la tasa de transmisión de vapor de agua (WVTR) del hormigón a 0,1 perms o menos.<sup>13</sup> Lo ideal, sin embargo, es que, como en el caso de las barreras de vapor comentadas anteriormente, la WVTR se reduzca a menos que la del sistema de pavimento. Esto significa que el aditivo debe reducir la WVTR del hormigón en varios órdenes de magnitud, dependiendo

de la mezcla de hormigón. La eficacia del aditivo puede demostrarse ensayando la permeabilidad de la mezcla de hormigón (ASTM E96/E96M<sup>14</sup>) sin el aditivo y repitiendo el ensayo en una muestra de la misma mezcla de hormigón con el aditivo. Por supuesto, se debe tener cuidado de ajustar el agua de la mezcla para compensar la cantidad de aditivo.

**P**

*Entonces, ¿cómo sabemos que el hormigón está lo suficientemente seco como para instalar un suelo pegado?*

**R**

. No es tan sencillo como mirar o tocar la superficie de la losa de hormigón para determinar si está húmeda o incluso basarse en el tiempo de secado, ya que las condiciones ambientales y de exposición varían. Como en la analogía del Caballo de Troya, el vapor invisible (un gas) se "cuela" en el hormigón y, cuando las condiciones son adecuadas, se produce el proceso de condensación y formación de la solución. Y como se indica en la referencia 4, la solución a los fallos de los revestimientos de suelos es evitar esta solución. Además de tener una barrera de vapor, los fabricantes de adhesivos y suelos sensibles a la humedad establecen limitaciones de humedad para determinar si el tiempo de secado y la exposición fueron suficientes para reducir la humedad dentro del hormigón y asegurar las garantías del producto. Dado que la humedad crítica no es visible, las pruebas de humedad suelen consistir en el uso de sensores de HR instalados en agujeros perforados (ASTM F2170<sup>15</sup>) o kits de cloruro de calcio con cúpula (ASTM F1869<sup>16</sup>), tal y como exigen los fabricantes. Los fabricantes también pueden establecer un límite de pH, pero recuerde que, aunque es el alto pH de la solución lo que provoca la descomposición, el pH no existe sin agua líquida. Para realizar una prueba de pH actualmente, se debe añadir agua destilada a la superficie de la losa para crear una solución. Como se ha comentado anteriormente, si se suministra agua al hormigón seco, se formará una solución alcalina. Sin embargo, si no hay suficiente humedad dentro del hormigón para redistribuirla a la superficie y formar una solución después de la instalación del pavimento, las sales alcalinas solubles no pueden contribuir a un pH alto.

## Para terminar

La humedad es el mismo compuesto (H<sub>2</sub>O) ya sea en forma líquida (agua), gaseosa (vapor) o sólida (hielo). Como líquido, es un ingrediente esencial en el hormigón, necesario para hidratar y curar la parte cementicia durante un período mínimo después de la colocación. Pero después de que la mezcla de hormigón se haya dosificado, colocado y curado para conseguir las propiedades necesarias, generalmente se prefiere eliminar la humedad del hormigón y evitar que vuelva a aparecer.

La pérdida de humedad y la correspondiente retracción pueden crear una serie de problemas en las losas de hormigón sobre el terreno, como la formación de grietas y el rizado. Y la intrusión de vapor, junto con los cambios de fase a líquido y sólido, también puede causar problemas en los poros capilares. Como aprendieron los habitantes de Troya cuando permitieron la entrada del Caballo de Troya, es importante predecir el riesgo de exposición a un peligro potencial. En este caso, debemos anticipar el movimiento de la humedad hacia dentro o fuera de las losas de hormigón y proteger contra él en nuestro diseño y detalles de construcción.

## Referencias

1. Powers, T.C.; Copeland, L.E.; and Mann, H.M., Capillary Continuity or Discontinuity in Cement Pastes, RX110, Portland Cement Association, Skokie, IL, 1959, pp. 38-48.
2. Kanare, H.M., Concrete Floors and Moisture, EB119, second edition, Portland Cement Association, Skokie, IL, and National Ready Mixed Concrete Association, Silver Spring, MD, 2008, 156 pp.
3. Wilson, M.L., and Tennis, P.D., Design and Control of Concrete Mixtures, EB001, 17th edition, Portland Cement Association, Skokie, IL, 2021, 586 pp.
4. Tarr, S.M., and Vierra, R.A., "The Solution is Avoiding the Solution," *Hardwood Floors*, June/July 2022, pp. 72-77.
5. Tarr, S.M., "Concrete Q&A: Concrete Slab Curling Over Vapor Retarders," *Concrete International*, V. 38, No. 9, Sept. 2016, pp. 75-76.
6. ASTM E1745-17, "Standard Specification for Plastic Water Vapor Retarders Used in Contact with Soil or Granular Fill under Concrete Slabs," ASTM International, West Conshohocken, PA, 2017, 3 pp.
7. ACI Committee 302, "Guide to Concrete Floor and Slab Construction (ACI 302.1R-15)," American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2015, 76 pp.
8. ASTM F3010-18, "Standard Practice for Two-Component Resin Based Membrane-Forming Moisture Mitigation Systems for Use Under Resilient Floor Coverings," ASTM International, West Conshohocken, PA, 2018, 4 pp.
9. ACI Committee 318, "Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-19) and Commentary (ACI 318R-19)," American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2019, 624 pp.
10. ACI Committee 301, "Specifications for Concrete Construction (ACI 301-20)," American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2020, 69 pp.
11. Tarr, S.M., "Concrete Q&A: Design and Construction of Slabs-on-Ground," *Concrete International*, V. 42, No. 11, Nov. 2020, pp. 87-88.
12. Klinger, J.; Lobo, C.L.; and Suprenant, B.A., "Vapor Barriers Used with Capillary Breaks Reduce the Severity of Sulfate Exposure of Concrete," *Concrete International*, V. 43, No. 8, Aug. 2021, pp. 16-24.

13. Tarr, S.M., "Concrete Q&A: Moisture Vapor Protection for Slabs-on-Ground," *Concrete International*, V. 43, No. 5, May 2021, pp. 63-64.

14. ASTM E96/E96M-22, "Standard Test Methods for Gravimetric Determination of Water Vapor Transmission Rate of Materials," ASTM International, West Conshohocken, PA, 2022, 16 pp.

15. ASTM F2170-19a, "Test Method for Determining Relative Humidity in Concrete Floor Slabs Using in situ Probes," ASTM International, West Conshohocken, PA, 2020, 7 pp.

16. ASTM F1869-16a, "Test Method for Measuring Moisture Vapor Emission Rate of Concrete Subfloor Using Anhydrous Calcium Chloride," ASTM International, West Conshohocken, PA, 2017, 4 pp.

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 uno o varios 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](mailto:keith.tosolt@concrete.org).

La traducción de este artículo correspondió al Capítulo de Puerto Rico

*Título: Concreto, Preguntas y Respuestas:  
El vapor es el caballo de troya de la  
humedad en losas de concreto*



Traductor y Revisor Técnico:  
Ing. Ángel E. Cintrón-Jiménez, PE

# Cierre: Pisos industriales de concreto reforzado con fibras

por Johan L. Silfwerbrand

El autor agradece a Xavier Destrée y Barzin Mobasher por sus comentarios y esfuerzos para proveer a los lectores del CI (Concrete International) con mayor información respecto a los pisos industriales de concreto reforzado con fibras. Sus esfuerzos por desarrollar nuevas soluciones, métodos de ensayos y métodos de diseño para hacer los pisos de concreto con la estrategia de refuerzo con “sólo fibras de acero” más competitivos son reconocidos con gratitud. Sin embargo, algunos de los comentarios requieren ser discutidos más a fondo.

El origen del artículo del autor es un rediseño de una losa sueca de concreto con fibras de acero (SFC) apoyada sobre pilotes para Friends Arena en Estocolmo, Suecia, donde los dos diferentes métodos de diseño resumidos en el artículo fueron comparados. El espesor de diseño de la losa se calculó en 350 mm (14 pulgadas) y 450 mm (18 pulgadas), respectivamente. Esta comparación fue presentada en un artículo de coautoría en el Simposio fib de 2012 en Estocolmo.<sup>1</sup> La losa real posee 350 mm de espesor y hasta donde el autor conoce, sigue funcionando de manera correcta. Por otra parte, el autor recientemente ha formado parte como invitado experto en un par de investigaciones de daños en pisos donde el piso de concreto con fibras de acero se ha agrietado severamente por espesores insuficientes y/o por cargas muy pesadas.

En Suecia, los dos métodos de diseño continúan compitiendo. En opinión del autor, los contratistas deberían competir seleccionando y ofreciendo diferentes soluciones técnicas con las ofertas correspondientes, pero no calculando estas en modos diferentes. La intención del artículo de CI era tratar de encontrar posibles explicaciones sobre el método de diseño que tiende a obtener menores espesores y que a menudo funciona bien, pero no siempre. El autor coincide totalmente con Destrée y Mobasher en que debemos minimizar el desperdicio global de recursos y no hacer pisos más gruesos y añadir más fibras de lo necesario.

El autor también está de acuerdo con Destrée y Mobasher en que el estado límite de funcionamiento (SLS) suele ser tan importante como el estado límite último (ULS) cuando se diseñan pisos de concreto industrial. El cliente prefiere una losa con estrictas limitaciones de fisuras y deflexión. No obstante, cuando se habla de un diseño conservador, el ingeniero estructural considera la capacidad de carga – en otras palabras, ULS. Si el espaciamiento entre pilotes y todos los demás factores alrededor son constantes, la capacidad de carga depende únicamente del grosor y las propiedades del material. Además, si las propiedades del material son constantes, la probabilidad de falla disminuye con el aumento del grosor. La disminución de probabilidad de falla indica un incremento en el grado de conservadurismo. El autor lamenta el haber utilizado la expresión “más audaz” como sinónimo de “menos

conservador” puesto que “audaz” puede dar al lector una impresión errónea. Es posible que Destrée y Mobasher hayan malinterpretado la comparación entre diferentes métodos de diseño como una comparación entre diferentes soluciones de diseño ya que mencionan un enfoque sueco que utiliza combinaciones de fibras y refuerzo convencional, por ejemplo, varillas de refuerzo y mallas de alambre. Sin embargo, el artículo del autor de CI se centra en los mismos materiales y métodos de ejecución. La única diferencia está limitada al cálculo de capacidad de carga.

El Eurocódigo 2 no cubre el SFC.<sup>2</sup> El diseño sueco de edificios y estructuras de ingeniería civil se basa en el Eurocódigo y es por ello que “únicamente fibras de acero” como estrategia de refuerzo no puede ser utilizado en estructuras que soportan carga. Si los pisos industriales de concreto fuesen considerados como estructuras que soportan carga en el sentido convencional, pisos de SFC sin refuerzo convencional no existirían en Friends Arena, ni en ningún otro lugar de Suecia. Pero existen, y la mayoría lo están haciendo bien.

La próxima versión del Eurocódigo 2 incluirá un capítulo o una sección sobre las estructuras SFC y eso permitirá diseñar no sólo losas sobre el suelo y losas apoyadas en pilotes, sino también vigas elevadas y losas de concreto con fibras. Las necesidades de investigación identificadas por el autor fueron seleccionadas para encontrar explicaciones a la dispersión observada en los resultados de desempeño de

los pisos industriales SFC en Escandinavia. El autor no compara la importancia de los estudios de ULS con el peso de las investigaciones sobre SLS. Por el contrario, investigaciones adicionales al SLS –por ejemplo, el control de las grietas por retracción – son de gran interés porque el agrietamiento por retracción es usualmente el problema más molesto.

## Referencias

1. Destrée, X., y Silfwerbrand, J., “Concreto Reforzado con Fibras de Acero en Losas Suspendidas: Estudio del Caso Swedbank Arena en Estocolmo,” Actas del 11vo Simposio fib sobre Estructuras de Concreto para la Comunidad Sostenible, Estocolmo, Suecia, Junio 11-14, 2012, pp. 97-100.

2. EN 1992-1-1:2004, “Eurocódigo 2: Diseño de Estructuras de Concreto – Parte 1-1: Reglas Generales y Reglas para Edificios,” Comité Europeo para la Normalización, Bruselas, Bélgica, 2004, 225 pp.



**Johan L. Silfwerbrand**, FACI, es un profesor en ingeniería estructural y de puentes en el KTH Royal Institute of Technology, Estocolmo, Suecia. Sus intereses de investigación incluyen los pisos industriales, el concreto con fibras, la reparación del concreto, las carreteras de concreto, el concreto autocompactante y el concreto y fuego. Es miembro de los comités ACI 123, Investigación y Desarrollos Actuales; 342, Evaluación de Puentes de Concreto y Elementos de Puentes; 345, Construcción y Preservación de Puentes; y 546, Reparación del Concreto. Es también activo en la Asociación Sueca del Concreto y de la Federación Internacional del Concreto (fib)

La traducción de este artículo correspondió al Capítulo Estudiantil de Costa Rica

Título: Cierre: Pisos industriales de concreto reforzado con fibras



Traductor:  
Fabricio Fallas-Madrugal



Revisor Técnico:  
Luis Carlos Meseguer Quesada

# ¿Qué es la recortadora hidráulica de pilotes?

por National Pile Croppers, [www.nationalpilecroppers.com](http://www.nationalpilecroppers.com)

Una revolución silenciosa se está desarrollando en las industrias de la construcción. La recortadora hidráulica de pilotes (“hydraulic pile cropper”) se está convirtiendo en un equipamiento imprescindible en obra en proyectos en todo el mundo, de acuerdo con Simon Price, el Director Gerente de “National Pile Croppers” (NPC). Este artículo explica que es una recortadora hidráulica y como obtener los mejores resultados mediante su uso.

Los pilotes de concreto prefabricado se utilizan en una variada gama de estructuras, con aplicaciones que van desde pequeñas viviendas a los grandes proyectos de infraestructura, construcción y renovación urbana, tales como el “High Speed 2”, un tren de alta velocidad en el Reino Unido (UK). Los pilotes de concreto prefabricado son producidos en serie ajustándose su longitud “in-situ” y son adecuados para una amplia gama de aplicaciones y condiciones del suelo, por lo que ofrecen una solución rentable de pilotaje de precisión una vez ajustada su longitud.

En el pasado, la longitud de estos pilotes de concreto se recortaba utilizando martillos hidráulicos o diesel y otros métodos costosos, imprecisos y generadores de emisiones contaminantes. Estos métodos obsoletos tenían además el riesgo de producir daños que afectaban la integridad de los pilotes y la salud de los operarios originando el síndrome conocido como vibraciones en manos y brazos (HAVS).

Las recortadoras hidráulicas de pilotes han sido desarrolladas para mejorar la calidad, la eficiencia y la seguridad en el acortamiento “in-situ” de la longitud de pilotes.

Los primeros pasos en la producción de las recortadoras de pilotes comenzaron en los años 90, y continuó con el desarrollo y perfeccionamiento de la tecnología llevada adelante por miembros del actual equipo de profesionales del NPC. A lo largo de más de 20 años, este grupo de profesionales fue mejorando la confiabilidad y la seguridad del equipamiento, disminuyendo al mismo tiempo los costos. A lo largo del tiempo, se fueron perfeccionando nuevos equipos adaptados a distintos tipos de pilotes y aplicaciones. Ejemplos de su utilización se encuentran actualmente en la industria de la construcción en todo el mundo. Estos desarrollos, y su empleo en casos reales en obra, condujeron a un conjunto de estándares que fueron incorporados a las Guías de Prácticas del “UK Health and Safety Executive’s” (HSE). La nueva generación de recortadoras de pilotes ha sido bienvenida tanto por ingenieros como por profesionales de la salud y la seguridad en el trabajo. Como resultado final, las recortadoras hidráulicas de pilotes se han convertido en un elemento esencial en la tarea de adaptar la longitud de pilotes en obra de una forma más eficiente y segura.

## Especificaciones de las recortadoras de pilotes

Una recortadora de pilotes (también conocida como “pile cutter” o “pile breaker”) realiza un corte hidráulico con definidos ángulos de desviación y precisos puntos de contacto, asegurando un corte limpio de la longitud sobrante que no interfiere con la eficacia del resto del pilote.

Diferentes tipos y tamaños están disponibles dependiendo de la aplicación. Por ejemplo, NPC y otras empresas ofrecen recortadoras de barrenas, de cojinetes, contiguos, secantes, de zanja y helicoidales en varios tamaños, que normalmente van desde los 300 a los 1200 mm (12 a 47 pulgadas) de diámetro. Montados por una retroexcavadora de 360 grados y utilizando dispositivos de rápida liberación, las recortadoras de pilotes han probado su efectividad en todos los sectores de la industria de la construcción, desde edificios de vivienda a industriales y comerciales, públicos o privados, servicios, caminos y vías férreas. Una vez ubicados sobre el pilote de concreto, el sistema hidráulico opera la mordaza, permitiendo que el equipo corte el pilote rompiendo el concreto con una superficie de terminación horizontal (en el caso de pilotes con barras de refuerzo sin adherencia). En este proceso, el cincel penetra en una dirección precisa hasta la barra de refuerzo realizando la fractura (Fig. 1). En el caso de pilotes con barras de refuerzo con adherencia, los cincelos penetrarán un poco más y, debido a la forma de los cincelos y las fuerzas de reacción de las barras de refuerzo, el concreto se rompe en varios pedazos y el segmento superior puede ser levantado fácilmente y separado del resto del pilote, permitiendo la continuación de la operación en otros pilotes.



Figura. 1: Una recortadora hidráulica de pilotes haciendo un corte alrededor de las barras de refuerzo

## Utilizando una recortadora hidráulica de pilotes

La conexión entre la retroexcavadora y la recortadora de pilotes se realiza por dispositivos de liberación rápida (generalmente con una capacidad de 6 a 21 toneladas) requiriéndose una conexión de fluido de entrada y salida a presiones que van desde los 150 a los 275 bar (2175 a 4000 psi). La retroexcavadora ubica la recortadora sobre el pilote y desciende hasta alcanzar el nivel de corte del pilote (Fig. 2), donde se realizará la fractura horizontal completa. Los pilotes deberían ser producidos con la longitud extra por encima de la elevación requerida para asegurar que el proceso de recorte pueda remover las impurezas o los daños de la parte superior del pilote. Adicionalmente, es importante considerar si se requiere una saliente de las barras de refuerzo para su conexión con otras estructuras por encima del nivel del terreno.

## Salvando la brecha

NPC fue creada por un equipo de gestión para perfeccionar soluciones orientadas al cliente en el recorte de pilotes. En este proceso, el equipo ha sumado más de 100 años de experiencia en la actividad específica combinando a todos los profesionales involucrados. Su conocimiento y dedicación aseguran la entrega a tiempo del equipo correcto con una asistencia completa y adecuada a las condiciones específicas del sitio. Durante los últimos 8 años, la empresa ha creado una gama completa de equipos diseñados, fabricados y mantenidos internamente que ha revolucionado la industria del recorte de pilotes "in-situ". NPC es actualmente la única empresa dedicada a esta tecnología totalmente integrada verticalmente que desarrolla sus productos desde los modelos CAD tridimensionales (3-D) hasta el proceso completo de fabricación y operación en el campo.



Figura. 2: La recortadora hidráulica posicionada sobre la pila por la retroexcavadora

## Pinnacle Drilling Products designada como distribuidora en Norteamérica de la International Pile Croppers

International Pile Croppers (IPC) es la empresa hermana de la National Pile Croppers (NPC), la empresa que fabrica y alquila las recortadoras hidráulicas de pilotes. IPC anunció que Pinnacle Drilling Products (Pinnacle) será su nuevo distribuidor en Norteamérica, bajo el nombre de North American Pile Croppers (NAPC). Pinnacle será la encargada de suministrar el rango completo de recortadoras hidráulicas diseñadas y fabricadas en el Reino Unido a sus clientes en Norteamérica. Pinnacle también tendrá a su cargo el mantenimiento de los equipos, la provisión de repuestos y el servicio al cliente postventa.

La traducción de este artículo correspondió al Capítulo de Argentina

Título: ¿Qué es la recortadora hidráulica de pilotes?



Traductor y Revisor Técnico:  
Dr. Ing. Raúl Bertero



**CONCRETO**  
LATINOAMÉRICA