

PUENTES

# Desarrollo de los puentes de concreto

2<sup>da</sup> parte.

**E**n los primeros años de 1900, muchos sistemas de puentes siguieron su vertiginoso avance, entre los que se encuentran como pioneros: Monier (Copnor, 1902), Kahn (Lucker, Northumberland, 1906), Consider (Puente de Ferrocarril Great Eastern, Tottenham, 1908) y Coignet (Puente de Ferrocarril Metropolitan, Kings Cross). Todos crearon las bases para el desarrollo de los diseños, ante las autoridades locales, en particular de Somerset y Devon.

En 1930 había cerca de 2 millares de puentes de concreto armado en el Reino Unido; diseñadores destacados como sir Owen Williams, surgía en la transición de las dos guerras mundiales. Otros puentes importantes de este período fueron el Royal Tweed Bridge; el Berwick (Mouchel); el Chiswick y el Twickenham, que cruza el río Támesis. También estaban el King George V, el Glasgow y, posiblemente el más importante de la época, el puente Waterloo, ubicado en Londres (1938-1942).

No se conoce con exactitud cuándo se introduce el concreto prefabricado; sin embargo, las primeras aplicaciones giraban en torno a puentes de ferrocarril, entre las que sobresalen como líderes las zonas sureñas de Oxshott, Surrey y Exeter. Una estructura prefabricada sobresaliente de la época se construyó en Mizen Head en el año 1908; en este caso se trataba de un arco con un claro de algo más de 50 metros.

Una característica sobresaliente en los puentes de concreto, durante y posterior a la Segunda Guerra Mundial, fue el advenimiento del concreto pretensado; técnica utilizada fundamentalmente en la reconstrucción de muchos de los puentes del continente europeo que habían quedado destruidos después de la guerra. En el año 1950 se construyeron puentes diseñados por los prestigiosos ingenieros Freyssinet y Magnel, usando para ello piezas prefabricadas que se unieron entre sí con concreto o con mortero. Por su parte, Finsterwalder construyó el primer puente *in situ* con vigas cajón, usando la construcción en voladizo; y en la década de 1960, en Alemania se construye el primer puente lanzado.



En el Reino Unido, durante la Segunda Guerra Mundial se creó un stock de emergencia con vigas de concreto pretensado que posteriormente se utilizó en la construcción de puentes permanentes, mismos que fueron diseñados por el dr. Mautner, de la Compañía de Concreto Pretensado. Esta compañía –con licencia de Freyssinet– construyó el Puente de Nunn, Fishtoft, cerca de Boston (1948), considerado el primer puente carretero de concreto pretensado construido *in situ*. Otros ejemplos de esta época son el viaducto de Adán, cerca de Wigan (1943), y el Puente de Rhinefield en Hampshire. Los principales sistemas de pretensado que se usaron en esa época fueron: Freyssinet, Hoyer y Lee McCall.

El primer gran puente carretero de concreto pretensado que se construyó, restituyó el puente Northam en Southampton (1954). De esta manera se fueron construyendo puentes con concreto pretensado cada vez más grandes, tales como el Cavendish (1956), el Nottingham (1958) y el Bridstow (1960), todos en voladizo y fabricados con vigas prefabricadas.

El concreto armado se siguió utilizando en la década de 1950 para grandes puentes, especialmente los de arco; tal es el caso del notable Puente Lune; sin embargo, hacia finales de los sesentas, el concreto pretensado reemplazó a gran parte del concreto armado con las vigas cajón como elemento estructural dominante.

La ampliación de la red de autopistas exigió la creación de un gran número de puentes de concreto con soluciones funcionales y económicas, de acuerdo a las necesidades de la sociedad. Es entonces, cuando el aspecto principal del diseño quedó enmarcado en la economía y en la durabilidad, y no tanto en el estilo. Esto inspiró un gran desarrollo en las técnicas de construcción principalmente en los sistemas prefabricados (como el paso elevado de Hammersmith, 1961), en los puentes lanzados como los del Reino Unido en el puente de ferrocarril Shepherds House (1977), así como en los atirantados, como el puente Lyne, en Surrey, que en su momento fue uno de los primeros en el mundo. Cabe decir, que la construcción de puentes de concreto sobre estuarios, también ha sido reconocida, tal es el caso de los puentes Humber, Medway y Severn. ©

**Referencia:** Adaptado y traducido de: "History of concrete bridge", en Concrete Bridge Development Group, <http://www.cbdg.org/intro2.asp>

## ADITIVOS

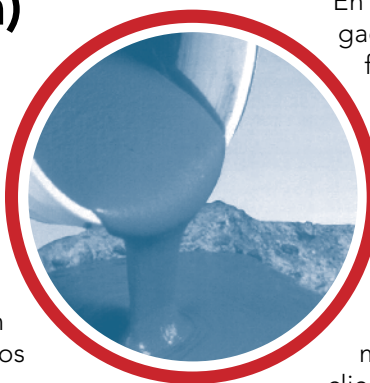
# Seguridad en la manipulación de aditivos químicos (GRACE Argentina)

**D**esde hace varios años la industria de aditivos para concreto elaborado viene experimentando progresos importantes en materia de seguridad e impacto ambiental en todo lo que corresponde a gestión, operación de materias primas, producción, despacho y manipulación de productos entregados; así como los sobrantes de concreto.

Este progreso ha sido originado por la responsabilidad social de tener una industria que opere en condiciones seguras con bajo impacto ambiental; por políticas de seguridad y medio ambiente de compañías internacionales que exigen a sus clientes, proveedores o filiales la implementación de estas normas, así como por la exigencia de algunos municipios, acompañados por la visión de la Asociación Argentina del Concreto Elaborado, en términos de lo que se está haciendo en otros países.

En general, los aditivos para concreto son productos químicos clasificados como no peligrosos bajo ninguna de las categorías de la ONU. No obstante esta denominación, el transporte, almacenaje y dosificación exige ciertas cualidades para contribuir a la protección del ambiente. Por esta razón, la industria en general y Grace Argentina en particular, trabajan conjuntamente con los clientes desde hace ya varios años sobre los procedimientos, secuencias de tareas y resultados finales para adaptarse a los marcos regulatorios y/o tomar iniciativas superadoras en torno a su transporte, almacenaje y dosificación.

El transporte de aditivos debe ejecutarse, cuidadosamente por lo que las empresas se dedican a capacitar y entrenar de manera efectiva a choferes entrenados para realizar con máxima precaución las operaciones de carga, transporte, manipulación y descarga. Con todas las herramientas y



documentos exigidos por las normativas vigentes y las de la propia empresa. Asimismo, los equipos de transporte cuentan con sistema anti-derrame y con válvulas provistas con tapas, precintos de seguridad y cisternas exclusivas para transportar y contener sobrantes. Todos los materiales deben trasladarse con identificación de productos transportados en un formato reglamentario, con hoja de seguridad y ficha o guía de intervención.

En cuanto al almacenaje, el material entregado se almacena en tanques plásticos de fondo cónico que no necesitan limpieza y se asientan sobre estructuras elevadas, para permitir rápidas detecciones de fugas periódicas. Éstos a su vez, deben estar contenidos en estructuras impermeables denominadas "diques de contención", con capacidad superior a la de los silos y contenedores de almacenaje, a fin de contener posibles derrames. Sobre este punto se trabaja con los clientes mediante esquemas típicos y se les asesora respecto a la necesidad de dichas instalaciones y su posible ubicación para no incomodar las operaciones propias de las plantas. También, cada uno de estos tanques de almacenamiento tiene etiquetas de identificación del producto almacenado, con recomendaciones respecto a prácticas seguras de manipulación, así como de primeros auxilios en caso de ingesta, inhalación o contacto con ojos y/o piel, entre otras especificaciones generales.

Para la dosificación, se utilizan sistemas de cañerías reforzados para minimizar pérdidas con recomendación de válvulas de retención y comando para una instalación segura y durable. Por último, respecto al sistema de mantenimiento preventivo, debe darse entrenamiento al personal de los clientes en temas de manejo de aditivos, así como poder resolver situaciones de derrames, proporcionando a las plantas material bibliográfico, de modo que haya posibilidades de consulta constante respecto a las acciones a tomar, en caso de incidentes o accidentes; a fin de poder reaccionar con certeza y seguridad. En general, es muy importante ya que evitará cualquier tipo de inconvenientes que puedan derivar en un incidente peligroso. **C**

**Referencia:** W. R. Grace Argentina S.A., Buenos Aires, Argentina, *Revista Hormigonar*, año 6, núm. 18, septiembre 2009.

ADICIONES

## Apuntes sobre la ceniza volante

**L**a ceniza volante (CV) es uno de los materiales de construcción más antiguos. Los romanos la utilizaron como cementante en la construcción del Coliseo, al encontrar que al mezclarse con cal generó morteros y concretos crudos muy durables. La ceniza que utilizaron provenía de un volcán en la localidad de *Pozzuoli*; de ahí que el término puzolana, derivado de la palabra Pozzuoli, actualmente se utiliza para clasificar este grupo de adiciones para el concreto.

La CV que se utiliza en la actualidad no proviene de volcanes, sino de centrales carboeléctricas. En estas centrales, el carbón primeramente se muele y se convierte en un polvo muy fino, para luego inyectarse en un horno en donde se quema a temperaturas muy altas. En este proceso se forma un residuo rico en sílice, muy parecido al vidrio, que es el que se conoce como CV. Una vez recolectada la CV, se ensaya de acuerdo con la ASTM C618 y se identifica como de clase F y de clase C. La de la clase F se produce por la combustión de antracita o carbón bituminoso; la de clase C se produce debido a la quema de carbón sub-bituminoso.

La CV puede reemplazar entre un 25% y un 30% el contenido de cemento Portland en una mezcla de concreto. En general, la CV contiene un alto porcentaje de sílice, en forma de dióxido de sílice, misma que cuando se observa bajo un microscopio es semejante a esferas huecas de vidrio. Es precisamente la sílice en la CV, la que reacciona con el hidróxido de calcio de la pasta de cemento del concreto.

Por su parte, el hidróxido de calcio es un subproducto del proceso de hidratación del cemento Portland, muy débil y que no añade resistencia al concreto cuando la sílice en las CV reacciona con el hidróxido de calcio. Sin embargo, se forma silicato de calcio hidratado (CSH), que mezclado con los agregados finos y gruesos, con el cemento y el agua, da origen a lo que conocemos como concreto. Cabe subrayar que la reacción

entre la CV y el hidróxido de calcio tarda más en producir CSH, que el cemento portland; por lo tanto, las mezclas de concreto, en donde parte del cemento Portland se sustituye por CV, requieren de más tiempo para llegar a la resistencia de diseño. Una mezcla de concreto hecha sólo de cemento requerirá aproximadamente 28 días para alcanzar el 95% de su resistencia de diseño final; mientras que una de cemento Portland adicionada con CV, requerirá casi del doble de tiempo; de ahí que en clima frío, es común utilizar aditivos químicos acelerantes para reducir el tiempo de fraguado.

El primer uso que se le dio a la CV en los Estados Unidos fue el proyecto de la Presa Hoover en 1929. Debido al gran volumen de la construcción, el calor exotérmico generado por la hidratación del cemento Portland, era un verdadero problema en el proyecto. Por ello, se encontró que mediante la reducción de la cantidad de cemento Portland en la mezcla y su sustitución por CV, era posible obtener los mismos niveles de resistencia a la compresión y a la vez reducir la temperatura interna del concreto. Para que se tenga una idea, si esta sustitución no se hubiera considerado junto con otras técnicas, se estima que el tiempo de estabilización de la temperatura entre el concreto de la estructura y la del medioambiente, hubiera sido del orden de los 150 años.

Otros usos que se le ha encontrado a la CV es la reducción eficaz y económica del riesgo de reacción álcali-sílice en el concreto, problema que bajo ciertas condiciones puede dar por resultado un deterioro acelerado del concreto. Otro beneficio del uso de la CV es el efecto de acabado en forma de esfera de vidrio, que actúa como una especie de lubricante en las mezclas de concreto; lo que facilita su colocación y en general reduce el agua de mezclado, para un mismo revenimiento. En conclusión, las ventajas de usar CV en los diseños de una mezcla de concreto son numerosas. Su frecuente utilización ayudará a los diseñadores a obtener un concreto más resistente y durable, algo de lo que nos podemos beneficiar todos. **c**

**Referencia:** Adaptado y traducido de: "Fly Ash: A nuisance dust worth its weight in cement", publicado en: *L&M Construction Chemicals, Inc.* 2012. [http://www.lmcc.com/concrete\\_news/0607/five\\_minute\\_classroom\\_fly\\_ash.asp](http://www.lmcc.com/concrete_news/0607/five_minute_classroom_fly_ash.asp)



## CCR enriquecido con lechada de cemento

**E**l Concreto Compactado con Rodillo (CCR) es la denominación de un concreto sin revenimiento que suele extenderse en capas gruesas de hasta 30 cm, con equipos de movimiento de tierra y compactado con rodillo vibratorio liso. El CCR se utiliza con frecuencia para la construcción de estructuras de concreto masivo de mediano a gran tamaño, incluyendo las presas; debido a la mayor rapidez en la colocación, menor calor de hidratación, y costo más reducido, respecto al concreto convencional.

Las primeras experiencias con CCR en la construcción de presas nos remiten a la década de 1980, en que se evidenció una tendencia al desarrollo de filtraciones a lo largo de las líneas entre capas de concreto de 30 cm de espesor, al utilizar mezclas de CCR pobres. Debido a ello, muchos diseñadores de presas con CCR, comenzaron a incluir sistemas aguas arriba de barreras impermeables, atendiendo cuidadosamente la preparación y tratamiento de las juntas. Esta barrera se construía típicamente con una capa de concreto convencional, y un sistema de revestimiento expuesto, o un conjunto de paneles prefabricados de concreto con o sin revestimiento.

Un material alternativo utilizado ampliamente, y que está comenzando a ganar más aceptación en los Estados Unidos es el Concreto Compactado con Rodillo enriquecido con lechada de cemento (GERCC, por sus siglas en inglés). Se trata de un innovador proceso que incluye la adición de lechada de cemento al CCR en cada colada, a lo largo de la cara aguas arriba. Después de que la lechada es filtrada en el CCR, se usan vibradores de inmersión para mezclar y consolidar la lechada y el CCR, quedando una zona sin juntas similar a la del concreto convencional. Posteriormente, la superficie del CCR se compacta con rodillo vibratorio. En este proceso se suele utilizar CCR con un alto contenido de pasta y un tiempo de Vebe menor a 20 segundos, en donde se usa como material cementante, además del cemento, las cenizas volantes tipo F.



La lechada se dosifica con agua y cemento Portland en una proporción en peso de 1:1. Para mejorar la resistencia y la durabilidad de estructuras en donde es empleado GERCC, se puede reducir la relación agua-cemento (a/c) usando aditivos reductores de agua. En general, el paramento con GERCC se aplica típicamente para producir revestimientos con espesores que oscilan entre 30 y 60 cm.

Ensayes de laboratorio han demostrado que la lechada de cemento puede no dispersarse uniformemente a través del CCR cuando se usan vibradores de inmersión; sin embargo, la intención fundamental para el uso del GERCC es asegurar que se rellenen con pasta los huecos que quedan en el CCR, sobre todo en las zonas de contacto con cimbras y cimentaciones.

A menos que la mezcla de CCR tenga un tiempo de Vebe excesivamente bajo (menos de 10 segundos), la compactación del CCR contra la cimbra o la superficie de la roca sin lechada de cemento adicional, traerá como consecuencia superficies con oquedades; lo que ira en detrimento de la estética y del anclaje. Cabe acotar que el primer uso reportado de paramentos con GERCC fue en 1994, en el dique de la presa Puding en China. Posteriormente, se ha utilizado en varias presas, y de acuerdo a un listado mundial de presas construidas con CCR publicado en 2010, más de 75 presas se han construido o están en construcción usando este proceso, en al menos 22 países.

También se ha demostrado que con el uso de GERCC se consigue mayor consistencia, economía, y baja permeabilidad en la cara aguas arriba de las presas. Una de las razones principales de su popularidad es que utiliza un procedimiento simplificado el cual puede ser utilizado simultáneamente con la producción y colocación del CCR. Otras tecnologías como la de los paneles prefabricados y el concreto convencional, requieren de una cuidadosa coordinación, para que el proceso no sea lento. Otra ventaja importante es que la lechada utilizada en el GERCC, se mezcla directamente con el CCR original, por lo que no existe posibilidad de delaminaciones en lugares críticos, entre el revestimiento y la masa de CCR. **■**

**Referencia:** Adaptado y traducido de: "Alternative concrete for dams", en *CE News: Business and Technology in Civil Engineers*. [http://www.cenews.com/magazine-article-cenews.com-2-2012-alternative-concrete\\_for\\_dams\\_-8690.html](http://www.cenews.com/magazine-article-cenews.com-2-2012-alternative-concrete_for_dams_-8690.html)