

LA CONSTRUCCIÓN MODERNA EN CONCRETO Y LAS ESPECIFICACIONES DE MATERIALES EN LOS EE.UU.

por Bridget Mintz Testa

Reproducimos el trabajo editado por la American Society for Testing and Materials en su publicación ASTM Standardization News que presenta en breve síntesis el desarrollo moderno de la construcción en concreto y concreto armado en relación con las nuevas normas sobre cemento, concreto y ensayo de las diferentes tecnologías. Para facilitar la lectura hemos considerado las Normas Técnicas Peruanas correspondientes a las citadas del ASTM

El cemento y el concreto son los cimientos del mundo moderno. Sin ellos, no habría edificios que se eleven hasta las nubes, faltarían kilómetros de puentes y ningún edificio se alzaría más que unos cuantos pisos sobre la línea del horizonte de cualquier ciudad.

Hay muchos tipos de cemento y concreto, pero antes de que puedan usarse en forma segura y confiable en la construcción, deben desarrollarse normas y métodos de pruebas adecuados. Fundado en 1914, el [Comité C09](#) sobre concreto y agregados viene trabajando mucho en los últimos años para desarrollar métodos de prueba para el concreto permeable y para el concreto autocompactante, dos de los sistemas de concretos más recientes. El [Comité C01](#) de la ASTM sobre el cemento, que celebró su 100º aniversario en 2002, ha modificado normas probadas con el tiempo y otras recién desarrolladas que contribuyeron a desarrollar una conciencia ecológica a la industria y a mejorar la calidad de los materiales.

El cemento y el concreto suelen confundirse. Para entender la diferencia, piense en Jell-O (gelatina en polvo). Cemento es como el polvo que viene en caja; el concreto es el análogo a lo que usted obtiene luego de haberle agregado agua y de que se haya fraguado la mezcla. Desde luego, ni el cemento ni el concreto son comestibles, y no hay forma de que el concreto se zarandee después de fraguar.

El concreto fluye a su alrededor

El concreto autocompactante (en inglés, self-consolidating concrete, SCC), es “una clase de concreto tan ‘fluyente’ que no hace falta que use vibradores para compactarlo de diferentes formas”, dice Nicholas Carino, consultor en tecnología del concreto en Chagrin Falls, Ohio, y ex presidente del Comité C09 de la ASTM. El concreto autocompactante satisface unas necesidades específicas del mercado. Una de éstas son los lugares de acceso limitado.

Por ejemplo, cuando un espacio reducido difícil de alcanzar queda atestado de barras de refuerzo de acero, el concreto convencional tal vez no pueda circular completamente alrededor de cada barra y quedarían bolsas de aire ocultas. Esos vacíos podrían hacer que el acero se corroa. Eso no ocurre con el concreto

autocompactante, que “fluye mejor por el acero y alrededor de éste con menos compactación”, dice Steven Kosmatka, vicepresidente de investigación y servicios técnicos de la Asociación del Cemento Portland de Skokie, Illinois.

Es notoria la capacidad del concreto autocompactante de revestir el reforzamiento de acero y de protegerlo de la corrosión en proyectos de infraestructura como, por ejemplo, los que se hicieron por medio del nuevo paquete de estímulo económico. “La corrosión del acero de las cubiertas de los puentes empezó a suceder por la necesidad de quitar la nieve de los caminos”, dice Carino. “Para hacerlo, usábamos sal, pero el concreto que se empleaba en la construcción de puentes y pavimentos no era resistente a la penetración de la sal. Ahora sabemos cómo ofrecer la protección adecuada para el acero incrustado. Si usamos las últimas tecnologías y conocimientos, la infraestructura de recambio debería tener una mayor vida útil que la tiene lo que estamos reemplazando”.

Como el cemento autocompactante es tan nuevo, el Comité C09 de la ASTM viene trabajando mucho y rápido para desarrollar ensayos para su uso. Según Carino, se terminaron tres: el ensayo del flujo de asentamiento, [C1611/C1611M](#), (NTP 339.219. HORMIGON (CONCRETO). Método de ensayo estándar para determinar la fluidez de asentamiento del concreto autocompactado), [C1621/C1621M](#), (NTP 339.220. HORMIGON (CONCRETO). Método de ensayo estándar para determinar la habilidad de paso del concreto autocompactado por el anillo); [C1610/C1610M](#), (NTP 339.218. HORMIGON (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la segregación estática del hormigón (concreto) autocompactante. Ensayo de columna). Los primeros dos determinan qué tan lejos circula el concreto autocompactante, con y sin obstáculos. El tercero controla la uniformidad de la distribución de agregados en una muestra fresca de cemento autocompactante.

Estos ensayos de concreto autocompactante, como todos los ensayos, básicamente se concentran en el desempeño del material para verificar si se ajusta a las especificaciones. En este sentido, este tipo de ensayos respaldan una nueva generación de normas que se diferencia del enfoque histórico de las especificaciones normativas de los comités C09 y C01. Ese enfoque estuvo siempre basado en la composición del concreto y del cemento. Las nuevas normas se centran más en el desempeño.

Con normas preceptivas, “El productor recibe una receta para la mezcla que debe respetar”, dice Anthony Fiorato, consultor de Glenview, Illinois, y presidente del Comité C09. “Una especificación de desempeño se ocupa de lo que yo quiero que haga el concreto”. Las normas de desempeño para el concreto pueden tratar sobre durabilidad —resistencia a la congelación y al deshielo— y resistencia en función de la compresión necesaria para aplastar una muestra.

“Las normas preceptivas son fáciles de juzgar”, dice Fiorato. “El desempeño es más difícil, porque está basado en ensayos que deben reflejar el comportamiento a largo plazo. Parte del proceso de las normas es proponer ensayos de desempeño confiables.

Casi todas las normas nuevas del Comité C09 abarcan elementos preceptivos y de desempeño”.

El concreto sólido tiene drenaje

El concreto permeable es el sueño de todo propietario, porque deja que el agua corra por éste y desagüe en el terreno. Por lo tanto, la Agencia de Protección Medioambiental de los EE. UU. lo incluye entre las mejores prácticas para controlar la escorrentía de los edificios y de los estacionamientos. “Está considerada una tecnología sustentable”, dice Matthew Offenberg, gerente de servicios técnicos para el sudeste de los EE. UU. de W.R. Grace and Co., con sede en Atlanta, Georgia, y presidente del Comité 522 del American Concrete Institute (Instituto Estadounidense del Concreto, ACI por sus siglas en inglés) sobre concreto permeable y secretario del Subcomité C09.49 de la ASTM sobre el mismo tema.

“El concreto permeable es muy importante para la construcción sustentable”, dice Colin Lobo, vicepresidente sénior de ingeniería de la National Ready Mixed Concrete Association (Asociación Estadounidense de Concreto Premezclado), con sede en Silver Spring, Maryland. “Con el concreto permeable, se necesita tener un lugar para las escorrentías, como un embalse de retención. El concreto permeable minimiza el escurrimiento de agentes contaminantes a arroyos y ríos. La escorrentía se escurre por el concreto al terreno y repone el agua subterránea, en donde se somete a la purificación natural. El concreto permeable puede reducir la capacidad de las alcantarillas de agua pluvial y, posiblemente, la necesidad de contar con éstas”.

A los constructores les gustaría usar concreto permeable para todos los locales, incluso aquellos que sostienen tráfico pesado. Sin embargo, hasta ahora, el concreto sólo se viene usando en los EE. UU. para zonas de tráfico liviano. Como es poco el riesgo que corren los consumidores o la responsabilidad que tienen los constructores y propietarios, “La industria no suele probar el concreto para aceras, caminos residenciales y estacionamientos para el uso comercial habitual”, dice Offenberg. “Estamos trabajando en métodos de prueba de la ASTM para ampliar la tecnología en usos más intensivos”.

El Comité C09 ha terminado un método de prueba, el [C1688/C1688M](#), (PNT 339.XXX:2009. CONCRETO. Método de ensayo del concreto permeable para determinar la densidad y los vacíos en el concreto fresco), que detalla cómo medir la densidad del concreto permeable recién mezclado. Se encuentra en plena votación la norma WK17606, método de prueba para evaluar la permeabilidad de pavimentos de concreto permeable, un método propuesto para determinar la velocidad a la que el agua se escurre por el concreto permeable. Todavía se están desarrollando otros ensayos para determinar la durabilidad y la resistencia. El ACI tiene especificaciones de desempeño para usos livianos, pero los ensayos se adoptaron de otros tipos de concreto. “Cuando la ASTM desarrolle estos primeros métodos de prueba para el concreto permeable para usos livianos, entonces la ACI podría avanzar con especificaciones de desempeño para usos más intensivos”, dice Offenberg.

De la misma manera que el concreto autocompactante, el permeable puede contribuir a la calidad del recambio de infraestructura. “El trabajo del Comité C09 ofrece las normas y los métodos de prueba para garantizar que pueda controlarse correctamente que los materiales y los métodos de construcción cumplan con las especificaciones”, dice Fiorato. “Todos esos aspectos —resistencia, permeabilidad, durabilidad, maniobrabilidad— impactan en forma directa en el desempeño. Sin normas, no habría ningún método para determinar la calidad de los materiales y de la construcción”.

Cómo reducir las huellas del carbono del cemento

“La norma [C150](#) es una especificación para el cemento Portland, uno de los principales materiales de la industria de la construcción”, dice Stephen Lane, presidente del Comité C01 y científico investigador principal asociado especialista en materiales en el Virginia Transportation Research Council (Consejo de Investigación del Transporte de Virginia), con sede en la Universidad de Virginia de Charlottesville. La norma C150 es una especificación para cinco tipos diferentes de cemento hidráulico, que se endurece por reacción química con agua. Es preceptiva en cuanto a la mezcla, pero también incluye exigencias de desempeño para lograr resistencia y durabilidad.

En 2004, el Comité C01 votó para permitir que la piedra caliza reemplace hasta un cinco por ciento del cemento Portland que se usa para hacer concreto. “Era un problema de comercialización”, dice Lane. Como la piedra caliza ya se usaba en Canadá, Europa y otros países, las modificaciones a la norma C150 hicieron que fuera “más fácil para los productores canadienses despachar a los EE. UU., cumplir las especificaciones de la C150 y viceversa”, dice Lane. Lo mismo pasa con los embarques desde y hacia otros países.

El reemplazo de una parte de cemento Portland con piedra caliza también tiene importantes beneficios medioambientales. “Por cada tonelada de cemento Portland se produce alrededor de una tonelada de dióxido de carbono”, dice Kosmatka. Sin embargo, la reducción del dióxido de carbono a partir del uso de un cinco por ciento de piedra caliza no es proporcional. “Existen cuestiones técnicas y de control de calidad”, dice Kosmatka, “por lo que en la práctica, la reducción es más bien como del tres por ciento”. Al modificar la norma C150, la ASTM permitió la eliminación de unos tres millones de toneladas de dióxido de carbono generado por la producción de cemento Portland por año.

Aventajando a los antiguos romanos

La ceniza volante y la escoria de alto horno pertenecen a una clase de materiales conocidos como puzolanas que pueden agregarse a las mezclas de cemento. Las puzolanas reaccionan con la cal y el agua y forman hidrato de silicato de calcio, el principal agente aglutinante en los cementos hidráulicos. El nombre viene de la ciudad italiana Pozzoli, en donde fluye la ceniza del Monte Vesubio. Los romanos antiguos mezclaban la ceniza del volcán con cal para hacer cemento y las puzolanas modernas

son similares a la composición química y a la función de aquella ceniza volcánica original.

La ceniza volante y la escoria son derivados de desechos, la primera de centrales eléctricas alimentadas con carbón y la segunda de los altos hornos que producen hierro a partir del mineral de hierro. Cuando se agrega alguna de las dos o ambas durante la producción de cemento, se están usando productos de desechos que, si no, irían a parar a rellenos sanitarios. Su uso en la producción de cemento reduce tanto la cantidad de dióxido de carbono que, de lo contrario, se emitiría, como la energía necesaria para hacer el cemento.

“Los cementos con ceniza volante, escoria y puzolanas están incluidos en la norma [C595](#), [Especificación para cementos adicionados hidráulicos], que es una especificación para cementos adicionados hidráulicos,” dice Lane. “La norma C595 tiene exigencias preceptivas y de desempeño”. Las exigencias de desempeño comprenden resistencia compresiva y durabilidad, como la resistencia a los compuestos químicos en el suelo que puedan desgastar y deteriorar el cemento.

Cuando se le agrega piedra caliza al cemento Portland y cenizas volantes y escoria a los cementos hidráulicos puede mejorarse la sustentabilidad y la calidad de los productos finales.

Las normas de la ASTM en todo el mundo

“Las normas del Comité C09 han sido muy útiles en todo el mundo”, dice Fiorato. “Suele estar regido por el código de construcción ACI 318, porque éste hace referencia a 60 normas y métodos de prueba de la ASTM”.

Incluso los países que no usan el código ACI 318 están interesados en las normas de la ASTM, por sus beneficios técnicos y porque el método de aprobación de consenso voluntario abarca a todos los interesados. Fiorato dice que Arabia Saudita y Qatar usan las normas de la ASTM, aunque Qatar se ciñe principalmente a las británicas.

“Ocurre lo mismo en América Latina”, dice Carino. “Como usan el código ACI 318, usan normas de la ASTM”. Carino agrega que el Comité C09 tiene mucha participación de América Latina.

Este interés internacional demuestra la importancia mundial de las especificaciones normativas y de los métodos de prueba. “Las especificaciones de proyectos citan las normas”, dice Lobo. “Constituyen la base del contrato entre el propietario, el contratista y los proveedores de materiales. Sin normas para los materiales y los métodos de aceptación, cada una de las personas que preparan las especificaciones tendrían que crear sus propios métodos para determinar la aceptación de los materiales y de los métodos usados para construir estructuras. Las normas de referencia de los contratos de los proyectos establecen una base comprensible de cumplimiento y riesgos asociados entre el propietario y el constructor. Si no hubiera

normas, los propietarios y los productores no podrían determinar qué es lo importante”.

Una opinión exclusiva de las normas y de las pruebas

Con el respaldo económico de la ASTM y con cabida en el National Institute of Standards and Technology (Instituto Nacional de Normas y Tecnologías, NIST por sus siglas en inglés), la misión del [Cement and Concrete Reference Laboratory](#) (Laboratorio de Referencia para Cemento y Concreto, CCRL por sus siglas en inglés) “es mejorar la calidad de las pruebas de los materiales de construcción mediante inspecciones de laboratorio, muestras de aptitud y asesoramiento sobre el uso de las normas de la ASTM en el campo y en las oficinas”, dice Steven Lenker, director del Construction Materials Reference Lab (Laboratorio de Referencia de Materiales de Construcción), actividad conjunta realizada entre el CCRL y la American Association of State Highway and Transportation Officials Materials Reference Laboratory (Laboratorio de Referencia de Materiales de la Asociación Estadounidense de Funcionarios de Autopistas Estatales y Transporte, AASHTO, por sus siglas en inglés).

Se realizaron inspecciones en más de 1.300 laboratorios de América del Norte. Se evalúan aptitud de muestras en laboratorios de América, Asia y Medio Oriente. Ambos programas garantizan que los laboratorios se adhieren a las normas y a los métodos de prueba de la ASTM.

Cuando un agente encargado de especificaciones pide una inspección de laboratorio, “Los inspectores van y examinan los equipos y cómo se hacen los procedimientos en comparación con una norma”, dice Lenker. Los informes no sólo vuelven al encargado de desarrollar especificaciones. “También le dan a la dirección del laboratorio una buena idea de cómo funciona el laboratorio y de lo que le hace falta mejorar”, dice Lenker. Los organismos que se ocupan de las especificaciones usan los informes para garantizar que los materiales que se usan en las autopistas y en la construcción sean evaluados usando los métodos normativos. Como otras organizaciones, la AASHTO también usa los informes para acreditar laboratorios.

Con las pruebas de capacidad técnica, el CCRL prepara importantes cantidades de cemento o concreto homogéneo, las divide, y manda las muestras a los laboratorios participantes. Cada laboratorio evalúa las muestras y le informa los resultados al CCRL, que analiza los resultados y los envía informes confidenciales a cada laboratorio. El análisis del CCRL obtiene promedios estadísticos de todos los resultados de los análisis. “Es una manera que uno tiene para compararse con otros 1500 laboratorios que hacen las mismas pruebas”, dice Lenker. “Si usted no está en el medio del grupo, entonces podría tener un problema.”

Los inspectores del CCRL ven a las normas desde un punto de vista diferente. “Podemos influir en la redacción de las normas y hacer que sean modificadas”, dice Lenker. “Si vamos a mil laboratorios y el sesenta por ciento no cumple una parte de la

norma, esto sugiere que la norma puede tener un problema. Somos los únicos que estamos preparados para decirle eso a la gente”.

Bridget Mintz Testa es licenciada en ciencias con especialidad en física y en psicología. Trabajó durante cinco años en NASA-Johnson Space Center; primero en exploración lunar y planetaria y luego en robótica para estaciones espaciales. Desde 1993, es escritora independiente de tiempo completo y escribe para revistas como *Discover*, *Popular Mechanics*, *Telephony* y *Workforce Management*.