

EL CONCRETO EN LA OBRA

# PROBLEMAS, CAUSAS Y SOLUCIONES



EDITADO POR EL INSTITUTO  
MEXICANO DEL CEMENTO Y  
DEL CONCRETO, A.C.

Agosto ■ 2009



Ilustraciones: Felipe Hernández

®

## Concreto hidráulico para uso estructural

Primera parte

# 24

SECCIÓN  
COLECCIONABLE

## Concreto hidráulico para uso estructural

**E**n este resumen se presenta la Norma Mexicana NMX C-403-ONNCCE 1999, "Industria de la construcción-Concreto hidráulico para uso estructural". Usted puede usarlo para familiarizarse con los procedimientos básicos de la Norma. Sin embargo, este resumen no tiene la intención de reemplazar los estudios completos que usted haga de la Norma.

Teniendo como objetivo la seguridad de la vida humana que en los centros urbanos se encuentra casi vinculada con las distintas construcciones y edificaciones en donde el hombre pasa la mayor parte del tiempo, se hace necesaria la normalización de los materiales de construcción empleados.

EL concreto hidráulico ha sido uno de los materiales más extensamente utilizado en la construcción, por sus características de resistencia mecánica, rigidez, durabilidad y versatilidad de aplicación. Cuando se usa el concreto hidráulico como material de construcción en estructuras, es preciso definir requerimientos mínimos de vigilancia general a fin de garantizar el nivel de seguridad apropiado de los ocupantes de las edificaciones, a un costo razonable.



Esta Norma Mexicana establece las especificaciones y métodos de prueba que debe cumplir el concreto hidráulico para uso estructural utilizado como material de construcción en la edificación de estructuras.

### Campos de aplicación

Esta Norma Mexicana es aplicable al concreto hidráulico para uso estructural, industrializado o hecho en obra con medios mecánicos. Cuando se mencione en el texto de esta norma al concreto en cualquiera de sus estados o modalidades, se entiende que se refiere al concreto hidráulico para uso estructural.

### Responsabilidad

Independientemente de que el concreto hidráulico sea industrializado o hecho



en obra, el responsable de su calidad a pie de obra es el productor del mismo. El responsable del transporte dentro de la obra, de su colocación, acomodo, curado y remoción de las cimbras, es el usuario. En cuanto a la durabilidad, la responsabilidad recae en el estructurista, quien debe tomar las medidas pertinentes de acuerdo a lo establecido en esta norma y sus apéndices para especificar lo conducente en los planos estructurales y especificaciones de obra.

El propietario de la obra, ante las autoridades correspondientes, puede delegar la responsabilidad de la verificación del cumplimiento de los requerimientos mínimos especificados en esta norma al Director responsable de obra, o a su equivalente, según el reglamento de construcciones de la región de que se trate, quienes pueden evidenciar el cumplimiento de los requerimientos de esta norma a través de un certificado otorgado por un organismo de certificación debidamente acreditado o, en su defecto, apoyado en los informes de ensaye emitidos por un laboratorio debidamente acreditado.

### **Definiciones (Usted puede consultar en la Norma las definiciones que a continuación se enlistan):**

Aditivos para concreto. Agregados. Cementante. Cemento hidráulico. Coeficiente volumétrico. Concreto hecho en obra. Concreto hidráulico. Concreto hidráulico en estado endurecido. Concreto hidráulico en estado fresco. Concreto hidráulico para uso estructural. Concreto industrializado. Estructurista. Director responsable de obra (perito de obra o equivalente. Diseño o proporcionamiento del concreto. Dosificación. Durabilidad. Estructura. Masa unitaria. Mezclado. Módulo de elasticidad de diseño (característico). Módulo de elasticidad o de Young. Muestra. Pie de obra. Productor. Recubrimiento. Relación agua/cementante. Resistencia a la compresión. Resistencia especificada (característica) a la compresión,  $f'c$ . Revenimiento. Revoltura. Segregación del concreto. Sitio de colocación y Usuario.



## **Especificaciones**

**Materiales componentes:** El productor debe establecer controles internos que evidencien la calidad de los siguientes materiales componentes antes y durante la elaboración del concreto hidráulico de acuerdo con las normas mexicanas de cada insumo.

**Cemento hidráulico:** El cemento empleado en la elaboración del concreto hidráulico para uso estructural, (Debe almacenarse en la obra; estar protegido de la intemperie que le puede causar hidratación); debe cumplir con las características y especificaciones descritas en la NMX-C-414-0NNCCE (Recomendable ver Capítulo 3).

**Agregados:** Los agregados deben cumplir con las especificaciones de la norma NMX-C-111 (Capítulo 3). El tamaño máximo del agregado se selecciona de acuerdo con el elemento estructural en que se utilice y con lo dispuesto en el reglamento de construcciones de cada localidad. El tamaño máximo no debe ser mayor de un quinto de la menor distancia horizontal entre caras de los moldes, un tercio del espesor de las losas, ni dos tercios de la separación horizontal libre mínima entre barras, paquete de barras, o tendones de presfuerzo.

**Nota 1:** Es recomendable que el productor de concreto conserve registros estadísticos de las propiedades de los agregados que utilice. Asimismo, informe al usuario cuando se realice cualquier cambio en los agregados empleados (características y lugar de extracción) que satisfaga las especificacio-







nes indicadas en la NMX-C-111. (Véase Capítulo 3.)

**Agua de mezclado:** El agua para el mezclado del concreto debe cumplir con las especificaciones de la Norma NMX-C-122 (Véase Capítulo 3). El director

responsable de obra o equivalente, debe constatar que el agua empleada este almacenada en depósitos limpios y cubiertos.

**Aditivos:** Se permite la utilización de aditivos para el concreto a solicitud expresa del usuario o a propuesta escrita del productor, en ambos casos con la autorización del Director responsable de obra, o de su equivalente.

Los aditivos para concreto deben cumplir con las especificaciones de la norma NMX-C-255. En caso de utilizarlos en la obra, el responsable de la misma, debe solicitar al fabricante o distribuidor información técnica e instrucciones para su almacenamiento, uso correcto y evidencias de su calidad satisfactoria para aprobar su empleo.

### Requisitos del concreto en estado fresco

**Revenimiento:** El contenido máximo de agua debe limitarse de manera que el revenimiento nominal del concreto a pie de obra no exceda de 10 cm. Si se requiere aumentar el revenimiento, este incremento se debe obtener mediante el uso de los aditivos superfluidificantes o reductores de agua. Para que el concreto cumpla con el requisito de revenimiento, el valor determinado debe concordar con el nominal especificado en la Tabla 1, con sus respectivas tolerancias.

Al concreto en estado fresco, antes de su colocación en las cimbras, se le deben hacer pruebas para verificar que cumple con los requisitos de revenimiento. La prueba de revenimiento al concreto muestreado en obra se hace de acuerdo con la NMX-C-156-ONNCCE (Véase Capítulo 3.)

**Tabla 1:** Valor nominal del revenimiento y tolerancias

Revenimiento nominal (cm)	Revenimiento nominal (cm)
Menor de 5	± 1,5
De 5 a 10	± 2,5
Mayor de 10	± 3,5

**Masa unitaria:** el concreto debe tener una masa unitaria entre 1 900 y 2 400 kg/cm<sup>2</sup> (NMX-C-162-ONNCCE, Capítulo 3).

**Temperatura del concreto fresco en climas extremos:** Para aquellos casos en que se proceda a calentar los materiales para compensar las bajas temperaturas ambientales, la temperatura máxima del concreto hidráulico en el momento de la producción y colocación no debe exceder de 305 K (32°C). En climas cálidos, la temperatura del concreto hidráulico en el momento de su producción y colocación no debe exceder de 305 K (32°C). No debe tener una evaporación mayor de 1 l/m<sup>2</sup>/h (Un litro por metro cuadrado de superficie por hora).

Para contrarrestar el efecto de las temperaturas ambientales altas el director responsable de obra debe determinar la pertinencia de enfriar los materiales y la posibilidad de escarchar el agua, sin que la temperatura del concreto fresco descienda a menos de 283 K.

### Requisitos del concreto en estado endurecido

**Resistencia a la compresión:** El concreto debe alcanzar la resistencia especificada a la compresión ( $f'c$ ) a la edad de 28 días u otra edad convenida. Esta resistencia debe ser igual o mayor que 20 MPa (200 kg/cm<sup>2</sup>) a menos que de común acuerdo productor y usuario establezcan otra. El concreto que sustituya la mampostería para muros debe tener una resistencia especificada a la compresión ( $f'c$ ) igual o superior a 10 MPa (100 kg/cm<sup>2</sup>), y debe llevar recubrimiento y revestimiento de acuerdo con el ambiente al que este expuesto. Es admisible que el concreto cumpla con la resistencia especificada  $f'c$ , si los promedios de resistencia de todos los conjuntos de tres muestras consecutivas pertenecientes o no al mismo día



de colado no son menores que  $f'c$ , y si ninguna muestra (pareja de cilindros) da una resistencia media inferior a  $f'c - 3,5$  MPa ( $f'c$  menos  $35$  kg/cm<sup>2</sup>). Si sólo se cuenta con dos muestras el promedio de las resistencias de ambas, no debe ser inferior a  $f'c - 1,30$  MPa ( $f'c$  menos  $13$  kg/cm<sup>2</sup>), además de cumplir con el requisito concerniente a las muestras tomadas en forma individual. (NMX-C-083 ONNCCE y NMX-C-160, Capítulo 3).

**Módulo de elasticidad:** El estructurista debe considerar en el diseño el módulo de elasticidad que se puede obtener con los materiales de la zona donde se pretende construir. Por su parte, el productor del concreto debe contar con información confiable del módulo de elasticidad obtenido con los materiales que se empleen en la obra, misma que debe dar a conocer al estructurista, previa solicitud.

El módulo de elasticidad de diseño corresponde al característico. A falta de información confiable, ésta se debe obtener mediante ensayos preliminares que se realicen al concreto. El banco de agregados que se emplee para el concreto de los ensayos preliminares debe ser el mismo que se utilice durante la construcción. Cuando se pretenda modificar la fuente de agregados, se debe demostrar previamente el cumplimiento del módulo de elasticidad indicado en el proyecto y revisado por el director responsable de obra o su equivalente.

A menos que el director responsable de obra o su equivalente establezcan otro criterio, durante el proceso de obra se debe hacer como mínimo tres determinaciones del módulo de elasticidad; cada determinación se hace en una muestra de al menos tres especímenes de acuerdo con el método de prueba señalado en NMX-C-128 ONNCCE, Capítulo 3.

El módulo de elasticidad promedio de tres muestras consecutivas cualesquiera deben ser igual o mayor al módulo de elasticidad de diseño (característico) especificado por el estructurista. El valor mínimo obtenido de muestras individuales debe ser el característico menos una desviación estándar.

A falta de información confiable, la desviación estándar de los valores del módulo de elasticidad se puede tomar igual  $470$  Raíz de  $f'c$ , en MPa ( $1500$  Raíz de  $f'c$  en kg/cm<sup>2</sup>) lo que no elimina la necesidad de realizar ensayos. En caso de no cumplirse este requisito, el director responsable de obra debe tomar las medidas pertinentes de acuerdo con la reglamentación local aplicable y asentarlas en la bitácora de obra.

**Comprobación de la calidad del concreto mediante ensaye de núcleos:** En el caso de que exista duda de la calidad del concreto en la estructura, ya sea porque el resultado del ensaye de los especímenes estándar indique que no se alcanza la resistencia esperada (responsabilidad del productor), o porque existan evidencias de incumplimiento sobre los procedimientos de colocación, acomodo o curado del concreto (responsabilidad del usuario) se permite la comprobación de dicha calidad mediante el ensaye de núcleos de concreto (corazones) extraídos de la parte de la estructura en la que se colocó el concreto cuya calidad se cuestiona. Por cada incumplimiento con la calidad especificada se deben probar tres núcleos, como mínimo tomados de la zona en duda. La humedad de los núcleos al probarse debe ser representativa de la que tenga la estructura en condiciones de servicio. El concreto representado por los núcleos se considera adecuado si el promedio de la resistencia de los núcleos es mayor o igual que  $0,85$  % de la resistencia especificada y ninguna resistencia individual es menor que  $0,75$  % (NMX-C-169-ONNCCE, Capítulo 3).

En el próximo número de *Construcción y Tecnología* continuaremos con el concepto de durabilidad y la frecuencia de muestreo y pruebas. **C**



Tomado de la Norma Mexicana NMX C-403-ONNCCE 1999. "Industria de la Construcción-Concreto Hidráulico para Uso Estructural", con fines de promover la capacitación y el buen uso del cemento y del concreto. Usted puede obtener esta norma y las relacionadas a agua, aditivos, agregados, cementos, concretos y acero de refuerzo en: [normas@mail.onnce.org.mx](mailto:normas@mail.onnce.org.mx) o al teléfono 5663 2950, de México, DF.