

EL CONCRETO EN LA OBRA

# PROBLEMAS, CAUSAS Y SOLUCIONES

Septiembre ■ 2009



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

Ilustraciones: Felipe Hernández

## Concreto hidráulico para uso estructural

Segunda parte

# 25

SECCIÓN  
COLECCIONABLE

# Concreto hidráulico para uso estructural

## Segunda parte

**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 remplazar los estudios completos que usted haga de la Norma.

### Durabilidad

En el apéndice "A" se incluyen las especificaciones, que en su caso, el estructurista y el director responsable de obra deben considerar según el tipo de exposición ambiental a que estará sujeta la edificación y sus estructuras (Véase Tabla A.1., del Apéndice Informativo A).

Las estructuras de concreto se deben diseñar y construir con el propósito de cumplir los requisitos de funcionalidad y durabilidad; es decir, sin causar gastos extraordinarios debidos a mantenimientos y reparaciones, considerando su integridad y capacidad durante su vida útil. Esta vida útil se incluye implícitamente en el diseño y en los diferentes reglamentos de construcción; sin embargo, prácticamente en ningún caso se establece de

manera explícita. Se considera, de manera general, que la expectativa de la vida útil de las edificaciones diseñadas de acuerdo con reglamentos modernos es de 50 años. En obras de infraestructura como presas, diques y otros, la vida útil debe ser superior a los 100 años.

De acuerdo con la agresividad del medio se deben tomar medidas adecuadas para lograr la expectativa de vida útil requerida. Como regla general se establece que el concreto para elementos estructurales debe tener una relación agua/cementante inferior a 0.6.

Los factores que de manera importante intervienen en la durabilidad del concreto estructural son, entre otros, la permeabilidad, la adecuada compactación, la protección al acero de refuerzo, el curado y la existencia de recubrimientos adecuados (Véase Apéndices A al J).

### Frecuencia y muestro, y pruebas

#### Concreto en estado fresco

Al concreto en estado fresco, antes de su colocación en las cimbras, se le deben hacer pruebas para verificar que cumple con los requisitos especificados para su aceptación. Se le deben hacer las pruebas de revenimiento y masa unitaria, y cuando se especifique aire incluido, deberá hacerse la



prueba correspondiente. Cuando las condiciones del medio ambiente lo ameriten, se le hará la prueba de temperatura. Las muestras se toman de acuerdo con la Norma NMX-C-161 (Véase Capítulo 3). Estas pruebas se realizan al concreto obtenido de la obra, mediante el muestreo realizado con la frecuencia mínima que se indica en la Tabla 2, o la que indique el director responsable de obra o su equivalente, considerando el tipo de obra.

### Elaboración de probetas

La calidad del concreto endurecido se verifica mediante pruebas de resistencia a la compresión en cilindros elaborados, curados y probados de acuerdo con las Normas NMX-C-160 y NMX-C-083-ONNCCE (Véase Capítulo 3). Las pruebas deben efectuarse a los 28 días de edad o a otra edad de común acuerdo entre productor y usuario. Los valores obtenidos son indicativos de la resistencia potencial del concreto en la estructura.

### Resistencia a la compresión

De todo concreto para una cierta obra y nivel de resistencia, se deben tomar al menos dos muestras de concreto y de cada muestra se elaboran y ensayan por lo menos dos cilindros. Se entiende por resistencia de una muestra la media de las resistencias de los cilindros que se elaboren de ella.

### Inspección

El sistema de control de la calidad del concreto hidráulico para uso estructural debe contemplar durante su fabricación una inspección y control constante que mantenga la variabilidad de la producción dentro de las tolerancias recomendadas en los Apéndices B y C de esta Norma, por lo cual el productor debe evidenciar los controles sobre todos los insumos, maquinaria, equipo y personal, pudiendo utilizar cartas de control de variables, métodos estadísticos de tendencias de variables o algún método en el que demuestre su aplicabilidad.

**Tabla 2:** Frecuencias mínimas de muestreo

Prueba y método	Concreto dosificado por:	
	Masa	Volumen
Revenimiento (NMX-C-156-ONNCCE. Véase Capítulo 3).	Al inicio del colado y cuando haya sospecha de cambio de consistencia, pero no menos de una por cada 40 m <sup>3</sup> o fracción.	Al inicio de la obra y cuando haya sospecha de cambio de consistencia, pero no menos de una por cada 3 m <sup>3</sup> o fracción.
Masa unitaria (NMX-C-162. Véase Capítulo 3).	Una por cada día de colado.	Al inicio de la obra, después de cada cambio en el suministro de agregados, pero no menos de tres por cada obra.
Temperatura. Si la temperatura ambiente es menor de 280 K (7°C) o mayor de 305 K (32°C).	Cada entrega. En caso de producción continua, cada 12,0 m <sup>3</sup> .	Cada 4 m <sup>3</sup> o fracción.
Contenido de aire (NMX-C-162. Véase Capítulo 3), en concretos con aire incluido.	Cada entrega. En caso de producción continua, cada 12,0 m <sup>3</sup> .	Cada 3 m <sup>3</sup> o fracción.
Resistencia a la compresión.	Cada 40 m <sup>3</sup> o fracción.	Cada 12 m <sup>3</sup> , pero no menos de una por cada día de colado.
Resistencia a la compresión en columnas y muros (NMX-C-083-ONNCCE. Véase Capítulo 3).	Cada 14 m <sup>3</sup> o fracción.	Cada 6 m <sup>3</sup> , pero no menos de una por cada día de colado.
Módulo de elasticidad (NMX-C-128 ONNCCE. Véase Capítulo 3).	Tres determinaciones por obra como mínimo, y cuando lo solicite el director responsable de obra.	Tres determinaciones por obra, como mínimo.

Tabla A.1. Clasificación de exposición ambiental

Clase de exposición	Condiciones ambientales																			
1	<p><b>Ambiente seco:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Interior de edificaciones habitables.</li> <li>• Componentes interiores que no se encuentran expuestos en forma directa al viento ni a suelos o agua.</li> <li>• Regiones con humedad relativa mayor al 60 % por un lapso no mayor a tres meses al año.</li> </ul>																			
2a	<p><b>Ambiente húmedo sin congelamiento:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Interior de edificaciones con humedad relativa mayor al 60% por más de tres meses al año.</li> <li>• Elementos exteriores expuestos al viento pero no al congelamiento.</li> <li>• Elementos en suelos no reactivos o no agresivos, y/o en agua sin posibilidad de congelamiento.</li> </ul>																			
2b	<p><b>Ambiente húmedo con congelamiento:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elementos exteriores expuestos al viento y al congelamiento.</li> <li>• Elementos en suelos no reactivos o no agresivos, y/o en agua con posibilidad de congelamiento.</li> </ul>																			
3	<p><b>Ambiente húmedo con congelamiento y agentes descongelantes:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elementos exteriores expuestos al viento, con posibilidad de congelamiento y/o exposición a agentes descongelantes.</li> <li>• Elementos en suelos no reactivos o no agresivos y/o en agua con posibilidad de congelamiento y agentes químicos descongelantes.</li> </ul>																			
4	<p><b>Ambiente marino:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elementos en zonas de humedad o sumergidas en el mar con una cara expuesta al aire.</li> <li>• Elementos en aire saturado de sales (zona costera).</li> </ul>																			
5a	<p><b>Ambiente de agresividad química ligera (por gases, líquidos o sólidos):</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• En contacto con agua</li> </ul> <table border="1"> <tr> <td>PH</td> <td>6.5-5.5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>CO<sub>2</sub> agresivo (en mg/l como CO<sub>2</sub>)</td> <td></td> <td>15-30</td> </tr> <tr> <td>Amonio (en mg/l como NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)</td> <td></td> <td>15-30</td> </tr> <tr> <td>Magnesio (en mg/l como Mg<sup>2+</sup>)</td> <td></td> <td>100-300</td> </tr> <tr> <td>Sulfato (en mg/l como SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)</td> <td></td> <td>200-600</td> </tr> </table> <ul style="list-style-type: none"> <li>• En contacto con suelo:</li> </ul> <table border="1"> <tr> <td>Grado de acidez según Baumann-Gully</td> <td>mayor a 20</td> </tr> <tr> <td>Sulfatos en mg de SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>/kg de suelo secado al aire</td> <td>2000-6000</td> </tr> </table>	PH	6.5-5.5		CO <sub>2</sub> agresivo (en mg/l como CO <sub>2</sub> )		15-30	Amonio (en mg/l como NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )		15-30	Magnesio (en mg/l como Mg <sup>2+</sup> )		100-300	Sulfato (en mg/l como SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )		200-600	Grado de acidez según Baumann-Gully	mayor a 20	Sulfatos en mg de SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /kg de suelo secado al aire	2000-6000
PH	6.5-5.5																			
CO <sub>2</sub> agresivo (en mg/l como CO <sub>2</sub> )		15-30																		
Amonio (en mg/l como NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )		15-30																		
Magnesio (en mg/l como Mg <sup>2+</sup> )		100-300																		
Sulfato (en mg/l como SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )		200-600																		
Grado de acidez según Baumann-Gully	mayor a 20																			
Sulfatos en mg de SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /kg de suelo secado al aire	2000-6000																			
5b	<p><b>Ambiente de agresividad química moderada (por gases, líquidos o sólidos):</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• En contacto con agua:</li> </ul> <table border="1"> <tr> <td>PH</td> <td>4.5-4.0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>CO<sub>2</sub> agresivo (en mg CO<sub>2</sub>/l)</td> <td></td> <td>31-60</td> </tr> <tr> <td>Amonio (en mg NH<sub>4</sub><sup>+</sup>/l)</td> <td></td> <td>31-60</td> </tr> <tr> <td>Magnesio (en mg Mg<sup>2+</sup>/l)</td> <td></td> <td>301-1500</td> </tr> <tr> <td>Sulfato (en mg SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>/l)</td> <td></td> <td>601-3 000</td> </tr> </table> <ul style="list-style-type: none"> <li>• En contacto con suelo:</li> </ul> <table border="1"> <tr> <td>Sulfatos (en mg SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>/kg de suelo secado al aire)</td> <td>6 000-12000</td> </tr> </table>	PH	4.5-4.0		CO <sub>2</sub> agresivo (en mg CO <sub>2</sub> /l)		31-60	Amonio (en mg NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> /l)		31-60	Magnesio (en mg Mg <sup>2+</sup> /l)		301-1500	Sulfato (en mg SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /l)		601-3 000	Sulfatos (en mg SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /kg de suelo secado al aire)	6 000-12000		
PH	4.5-4.0																			
CO <sub>2</sub> agresivo (en mg CO <sub>2</sub> /l)		31-60																		
Amonio (en mg NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> /l)		31-60																		
Magnesio (en mg Mg <sup>2+</sup> /l)		301-1500																		
Sulfato (en mg SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /l)		601-3 000																		
Sulfatos (en mg SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /kg de suelo secado al aire)	6 000-12000																			
5c	<p><b>Ambiente de agresividad química alta (por gases, líquidos a sólidos):</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• En contacto con agua:</li> </ul> <table border="1"> <tr> <td>PH</td> <td>4.5-4.0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>CO<sub>2</sub> agresivo (en mg CO<sub>2</sub>/l)</td> <td></td> <td>61-100</td> </tr> <tr> <td>Amonio (en mg NH<sub>4</sub><sup>+</sup>/l)</td> <td></td> <td>61-100</td> </tr> <tr> <td>Magnesio (en mg Mg<sup>2+</sup>/l)</td> <td></td> <td>1 501-3 000</td> </tr> <tr> <td>Sulfato (en mg SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>/l)</td> <td></td> <td>3 001-6 000</td> </tr> </table> <ul style="list-style-type: none"> <li>• En contacto con suelo:</li> </ul> <table border="1"> <tr> <td>Sulfatos (en mg SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>/kg de suelo secado al aire)</td> <td>&gt;12 000</td> </tr> </table>	PH	4.5-4.0		CO <sub>2</sub> agresivo (en mg CO <sub>2</sub> /l)		61-100	Amonio (en mg NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> /l)		61-100	Magnesio (en mg Mg <sup>2+</sup> /l)		1 501-3 000	Sulfato (en mg SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /l)		3 001-6 000	Sulfatos (en mg SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /kg de suelo secado al aire)	>12 000		
PH	4.5-4.0																			
CO <sub>2</sub> agresivo (en mg CO <sub>2</sub> /l)		61-100																		
Amonio (en mg NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> /l)		61-100																		
Magnesio (en mg Mg <sup>2+</sup> /l)		1 501-3 000																		
Sulfato (en mg SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /l)		3 001-6 000																		
Sulfatos (en mg SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /kg de suelo secado al aire)	>12 000																			
5d	<p><b>Ambiente de agresividad química muy alta (por gases, líquidos a sólidos):</b></p> <table border="1"> <tr> <td>pH</td> <td>&lt; 4,0</td> </tr> <tr> <td>CO<sub>2</sub> agresivo (en mg CO<sub>2</sub>/l)</td> <td>&gt; 100</td> </tr> <tr> <td>Amonio (en mg NH<sub>4</sub><sup>+</sup>/l)</td> <td>&gt; 100</td> </tr> <tr> <td>Magnesio (en mg Mg<sup>2+</sup>/l)</td> <td>&gt; 3 000</td> </tr> <tr> <td>Sulfato (en m SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>/l )</td> <td>&gt; 6 000</td> </tr> </table>	pH	< 4,0	CO <sub>2</sub> agresivo (en mg CO <sub>2</sub> /l)	> 100	Amonio (en mg NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> /l)	> 100	Magnesio (en mg Mg <sup>2+</sup> /l)	> 3 000	Sulfato (en m SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /l )	> 6 000									
pH	< 4,0																			
CO <sub>2</sub> agresivo (en mg CO <sub>2</sub> /l)	> 100																			
Amonio (en mg NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> /l)	> 100																			
Magnesio (en mg Mg <sup>2+</sup> /l)	> 3 000																			
Sulfato (en m SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /l )	> 6 000																			

## Métodos de prueba

### Para materiales y componentes

**Cemento:** Utilizar los métodos de prueba indicados en la NMX-C-414-0NNCCE. (Véase Capítulo 3).

**Agregados:** Utilizar los métodos de prueba indicados en la NMX-C-111. (Véase Capítulo 3).

**Agua de mezclado:** Utilizar los métodos de prueba indicados en la NMX-C-122. (Véase Capítulo 3).

**Aditivos:** Utilizar los métodos de prueba indicados en la NMX-C-255. (Véase Capítulo 3).

**Requisitos para el concreto en estado fresco**

**Revenimiento:** De acuerdo con la NMX-C-156-0NNCCE. (Véase Capítulo 3).

**Masa unitaria:** De acuerdo con la NMX-C-162 (Véase Capítulo 3).

**Temperatura del concreto:** De acuerdo con ASTM-C-1064-93.

**Requisitos para el concreto en estado endurecido**

**Resistencia a la compresión:** De acuerdo con la NMX-C-083-0NNCCE y NMX-C-160. (Véase Capítulo 3).

**Módulo de elasticidad:** De acuerdo con la NMX-C-128-0NNCCE. (Véase Capítulo 3).

**Ensayo de núcleos:** De acuerdo con la NMX-C-169-0NNCCE. (Véase Capítulo 3).

## Identificación y registro

En la obra debe tenerse un registro con la información necesaria para la fácil identificación y localización del concreto estructural utilizado. Esta información deberá quedar asentada en la bitácora por el director responsable de obra, o por su equivalente, y debe incluir los siguientes datos:

a) Responsables de la fabricación, transporte, colocación y curado del concreto para uso estructural.





b) Número de nota de remisión, en su caso, indicando la dosificación por ingredientes y la relación agua/cemento, aditivos y contenido de aire.

c) Fecha, hora de elaboración y de entrega en obra.

d) Cantidad entregada en metros cúbicos ( $m^3$ ).

e) Resistencia a la compresión nominal del concreto, MPa ( $kg/cm^2$ ).

f) Tamaño máximo nominal del agregado en milímetros (mm).

g) Revenimiento nominal obtenido en centímetros (cm).

h) Nombre del director responsable de obra o equivalente, en su caso, y del corresponsable en seguridad estructural o su equivalente.

i) Nombre del responsable del laboratorio de prueba.

j) Identificar la prueba o datos del certificado del producto.

Además, una vez colocado en obra, se deberá registrar en la bitácora la ubicación del concreto para uso estructural y en su caso, la identificación de los especímenes elaborados con ella para confirmar su calidad.

## Apéndice normativo

Durabilidad. Clasificación de exposición ambiental.



En la Tabla A.1 se presentan las distintas clases de exposición a las cuales pueden estar sujetos los elementos de una estructura. De acuerdo con la clase de exposición el estructurista debe establecer en los planos estructurales las especificaciones del concreto estructural empleado para fabricar los distintos elementos estructurales, adicionales a las contempladas por la presente norma mexicana. El director responsable de obra y el corresponsable en seguridad estructural o equivalente en su caso, deben verificar y asentar en la bitácora de obra esta disposición.

**Nota A.1.** En todos los casos registrará la condición o combinación de exposición agresiva.

Además de las variables incluidas en la Tabla A.1, se debe estudiar la posibilidad de que existan otras, tales como corrosión del acero de refuerzo por acción de iones cloro a por acción de la carbonatación y reacción álcali-agregado (Véase Apéndice 1. Durabilidad).

## Requisitos de durabilidad

Para que los elementos de concreto estructural tengan una expectativa de durabilidad de por lo menos 50 años, según la clase de exposición ambiental en la que se encuentran, no se debe emplear una relación agua/cementante mayor que 0,50, ni una resistencia a la compresión simple ( $f'c$ ), con agregado ligero, menor a  $260 kg/cm^2$ .

En el próximo número de la revista *Construcción y Tecnología* continuaremos con los requisitos de Durabilidad y Especificaciones contra el ataque químico de agentes agresivos. c

Tomado de la Norma Mexicana NMX C-403-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 el correo electrónico: [normas@mail.onnce.org.mx](mailto:normas@mail.onnce.org.mx), o al teléfono 5663 2950, de México, DF.