

EL CONCRETO EN LA OBRA

# PROBLEMAS, CAUSAS Y SOLUCIONES

Octubre ■ 2009



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



Ilustraciones: Felipe Hernández

## Concreto hidráulico para uso estructural

Tercera parte

# 26

SECCIÓN  
COLECCIONABLE

# Concreto hidráulico para uso estructural

## Tercera parte

**E**n este resumen se presenta la tercera parte de la Norma Mexicana NMX C-403-ONNC-CE 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.

Requisitos de durabilidad para que los elementos de concreto estructural tengan una expectativa de durabilidad de por lo menos 50 años. Las tablas A.2.a; A.2.b, y A.2.c, presentan valores límite que se deben considerar en los principales parámetros que afectan la durabilidad del concreto estructural.

En otros casos es suficiente el especificar la resistencia de proyecto. Para asegurar esta resistencia se debe reducir la relación agua/cementante. No se recomienda especificar un contenido para la mezcla de concreto ya que éste puede variar en todos los casos, dependiendo de la finura del cemento, tamaño máximo del agregado o de la consistencia del concreto hidráulico.

**Tabla A.2.a:** Requisitos de durabilidad según la clase de exposición

Requisitos		Requisito								
		1	2a	2b	3	4	5a	5b	5c	5d
Resistencia a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Concreto reforzado. Concreto presforzado o postensado	≥200 ≥250	≥250	≥250	≥250	≥300	≥250	≥300	≥350	≥350
Relación agua/cementante	Concreto reforzado Concreto presforzado o postensado	≥0.60 ≥0.60	≥0.60 ≥0.60	≥0.55	≥0.55	≥0.55	≥0.55	≥0.50	≥0,45	≥0,45
Contenido de cemento para agregados gruesos entre 20 y 40 mm (kg/m <sup>3</sup> )	Concreto reforzado Concreto presforzado o postensado.	≥270 ≥300	≥300 ≥300	≥300 ≥300	≥300 ≥300	≥300	≥300	≥300	≥300	≥300
Contenido de aire por tamaño máximo de agregado % Se permite una tolerancia de 1,5%	≥ 40 mm ≥ 20 mm ≥ 10 mm			Si el concreto se puede saturar ver Clase 3.	≥ 4 ≥ 5 ≥ 6					
Requisitos adicionales para agregado.				Resistentes al congelamiento	Resistentes al congelamiento					
Requisitos adicionales para cemento.						Véase Tablas A.2.b y A.2.c.				

**Tabla A.2.b:** Especificaciones contra el ataque químico de agentes agresivos cuando existen sulfatos

Parámetros	Clase de exposición 5a		Clase de exposición 5b	Clase de exposición 5c	Clase de exposición 5d
	Ligera		Moderada	Alta	Muy alta
Tipo de cemento	CPO	RS	RS	RS	RS
Máxima relación agua/cementante	0,50	0,55	0,50	0,45	0,45
Mínimo contenido de cementante (kg/m <sup>3</sup> )	330	300	330	370	370
Protección adicional	No necesaria		No necesaria	No necesaria	No necesaria

**Tabla A.2.c:** Especificaciones contra el ataque químico de agentes agresivos cuando no existen sulfatos

Parámetros	Clase de exposición 5a	Clase de exposición 5b	Clase de exposición 5c	Clase de exposición 5d
	Ligera	Moderada	Alta	Muy alta
Tipo de cemento	CPO	RS	RS	RS
Máxima relación agua/cementante	0,55	0,50	0,45	0,45
Mínimo contenido de cementante (kg/m <sup>2</sup> )	300	330	370	370
Protección adicional	No necesaria	No necesaria	No necesaria	No necesaria

CPO: Cemento Portland Ordinario. RS: Cemento con característica especial de resistencia a los sulfatos según NMX-C-414-0NNCCE.

### Concentración de iones cloro (Cl\*)

Para prevenir la corrosión del acero de refuerzo propiciada por los iones cloruro en el concreto, la concentración máxima de iones cloruro solubles en agua en el concreto endurecido, considerando la participación de todos los ingredientes como son: agua, cementos, agregados y aditivos, no deben exceder los valores indicados en la Tabla A.2.1. (NMXC403 ONNCCE 1999).

### Métodos de prueba

Los requisitos para verificar las especificaciones de los requisitos de durabilidad se

**Tabla A.2.1:** Contenido máximo permitido de iones cloruro en el concreto

Tipo de construcción	Contenido de iones cloro (Cl) solubles en el agua, % en peso del cemento
Concreto presforzado	0,06
Concreto reforzado expuesto al cloro en condiciones húmedas	0,08
Concreto reforzado expuesto al cloro en condiciones secas	0,15
Otras construcciones	0,30



deben emplear en los métodos de prueba descritos en la Tabla A.4.1. (véase NMX C-403 ONNCCE 1999)

### Determinaciones del contenido de iones cloro

En el agua o aditivos, se debe aplicar el método de la NMX-AA-073 (Cap. 3). Para los cementos, la prueba de la NMX-C-131 (Cap.3). En los agregados, morteros y concretos se debe utilizar el método de ASTM-C-1218.

### Método para determinar el contenido de sulfato soluble en agua en un suelo

Consultar la NMX-C-403-ONNCCE, (pág. 19-20).

### Proporcionamiento y dosificación

#### Recomendaciones sobre el cuidado de los materiales

No se debe usar el cemento contenido en sacos rotos, rasgados o húmedos, ni el que esté en recipientes previamente abiertos, ni que cuenta con más de tres meses de almacenamiento. Cuando el cemento presente grumos que no se deshagan fácilmente al apretarlos con los dedos, debe desecharse. Debe inspeccionarse visualmente el agua a utilizar, para confirmar que cumple con las características descritas. Debe evitarse el uso de agua marina en estructuras de concreto reforzado. Debe prevenirse la contaminación del agua durante el proceso de fabricación del concreto.

#### Dosificación de componentes

**Cemento:** La dosificación se debe hacer siempre en masa, mediante peso directo de la cantidad requerida, o bien por la utilización de sacos enteros, considerando peso nominal.

**Agregados:** La dosificación de arena y grava puede hacerse en masa, mediante peso directo de las cantidades requeridas, o bien por volumen, a través de la medición de los volúmenes correspondientes a los pesos requeridos, utilizando recipientes rígidos estancos, de

forma regular y capacidad bien definida y conocida, los cuales deben aforarse periódicamente.

**Agua:** La dosificación del agua de mezclado puede hacerse en masa, mediante peso directo de la cantidad requerida, o bien por medición del volumen equivalente (1 kg=1 litro, aproximadamente), en un recipiente rígido, estanco y de capacidad aforada.

**Aditivos:** Cuando esté permitido su empleo, deberán dosificarse en masa si son sólidos, o bien pueden dosificarse en masa o por volumen si son líquidos. Para su dosificación, tanto en masa como por volumen debe contarse con dispositivos de medición que aseguren una aproximación de  $\pm 3\%$  con respecto a las cantidades requeridas. Información complementaria véase ACI-204 y en la Norma ASTM-C-685.

**Cantidades por revoltura:** La cantidad de agua de mezclado que se incorpore a la revoltura debe ser la indispensable para obtener el revenimiento requerido, el cual no debe exceder de 12,5 cm (Revenimiento nominal máximo de 10 cm, más la tolerancia especificada de  $\pm 2,5$ , para concreto sin fluidificantes). Si el revenimiento de la revoltura excede de 12,5 cm, para ser utilizada, debe reducirse, mediante la adición de cementante únicamente, aumentando el tiempo de mezclado por lo menos en un minuto.

Las proporciones en que se combinen la grava y la arena deben ajustarse en cada caso para lograr mezclas de concreto con la cohesión y manejabilidad que sean necesarias en el trabajo que se realice, pero la cantidad de arena que se utilice no debe exceder a la cantidad de grava. En caso de llegar al máximo contenido permisible de arena (50 % de los agregados) y se requiera mayor manejabilidad en la mezcla de concreto, debe incrementarse el consumo de cementante para conseguirlo o usar aditivos fluidificantes. Información complementaria véase el ACI-211.

### Fabricación

**Tolerancia de fabricación:** Cuando los materiales componentes del concreto se



dosifican en masa, la báscula del cementante debe cumplir con los siguientes requisitos: si la cantidad de cementante es mayor de 30% de la capacidad de la báscula, debe tener una tolerancia de  $\pm 1\%$  de la masa requerida; si es menor, la cantidad de cementante pesado no debe ser menor que la cantidad requerida ni mayor que ésta en 4%. Cuando es por volumen, el cementante debe ser dosificado en bolsas enteras de masa normalizada (25 kg o 50 kg) y no se deben usar fracciones de bolsas.

Cuando los agregados se dosifican en masa y en forma individual, la cantidad indicada en la báscula puede tener una tolerancia de  $\pm 2\%$  de la masa requerida. Cuando la dosificación se da en forma acumulada, la tolerancia debe ser  $\pm 2\%$ , si se rebasa el 30 % de la capacidad de la báscula, o de  $\pm 3\%$  de la masa requerida acumulada si no se rebasa el 30 % de la capacidad total de la báscula. Cuando se dosifiquen en volumen, deben utilizarse recipientes rígidos estancos, no deformables bajo uso rudo, de volumen uniforme, tales como los botes de sección circular. El agua agregada puede ser medida por masa o por volumen con una tolerancia de  $\pm 1\%$

Los adicionantes y aditivos en polvo se les dosifican por masa. Los aditivos líquidos se pueden dosificar por masa o por volumen, todo con una tolerancia de  $\pm 3\%$  de la cantidad requerida.

**El equipo de mezclado:** El concreto debe ser mezclado por medio de un equipo mecánico para que alcance los requisitos de uniformidad necesarios.

La homogeneidad del concreto se determina por medio de la comparación de las características de dos porciones de una misma revoltura, así como el equipo y procedimiento de mezclado utilizados para producir concreto, sea éste industrializado o hecho en obra, debe cumplir con las restricciones establecidas en la Tabla C.2.a.

Nota: Cuando el mezclado del concreto se hace totalmente en camión mezclador, el número de revoluciones y velocidad de mezclado debe cumplir con

**Tabla C.2.a.** Determinación de la homogeneidad del concreto

Propiedades	Diferencia máxima permisible entre los resultados de la prueba con muestras obtenidas de dos porciones diferente de la revoltura(*)
1. Masa unitaria, en $k/m^3$ , 2. Contenido de aire en % del volumen del concreto.	$\pm 15,0$ $\pm 1,0$
3. Revenimiento, en centímetros (cm).	
3.1. Si el revenimiento es menor de 5 cm.	$\pm 1,5$
3.2. Si el revenimiento está comprendido entre 5 cm 10 cm.	$\pm 2,5$
3.3. Si el revenimiento es superior de 10 cm.	$\pm 3,5$
4. Contenido de agregado grueso retenido en la criba de 4,75 mm (No.4) expresado en % de la masa de la muestra.	$\pm 6,0$
Promedio de la resistencia a la compresión a 7 días de edad de cada muestra, expresada en % (**).	$\pm 10,0$

**Tabla C.2.b.** Tiempo mínimo de mezclado

Capacidad de la mezcladora ( $m^3$ ).	Sacos	Tiempo mínimo de mezclado, en minutos.
Menor a 1,5.	Menos de 9.	1,5
1,5 a 2,25	10 a 13	2,0
2,25 a 3,0	14 a 18	2,5
3,0 a 3,75	19 a 22	3,0
3,75 a 4,5	23 a 27	3,5

(\*) Para efectuar las determinaciones de esta tabla, las muestras deben obtenerse de dos porciones diferentes tomadas al principio y al final de la descarga de una misma revoltura (Principio: del 10 % al 15%. Final: del 85 % al 90% del volumen).

(\*\*) La aprobación tentativa del procedimiento de mezclado puede ser otorgada antes de obtener los resultados de la prueba de resistencia.

Es conveniente operar estos equipos lo más cerca posible de su capacidad nominal, pues su eficiencia se reduce si se les hace trabajar con poca o con demasiada carga. El tiempo mínimo de mezclado que debe darse, contado a partir del momento en que todos los materiales se encuentran dentro de la mezcladora, se determinan en la Tabla C.2.b.

lo indicado en la NMX-C-155. Información complementaria puede encontrarse en ASTM-C-94 y en ACI-304. 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 [normas@mail.onnccce.org.mx](mailto:normas@mail.onnccce.org.mx) o al teléfono 5263 2950. México, DF.