

**LIBRO: CMT. CARACTERÍSTICAS DE
LOS MATERIALES**

PARTE: 2. MATERIALES PARA ESTRUCTURAS

TÍTULO: 02. Materiales para Concreto Hidráulico

CAPÍTULO: 005. Calidad del Concreto Hidráulico

A. CONTENIDO

Esta Norma contiene las características de calidad del concreto hidráulico que se utilice en la construcción de estructuras.

B. DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN

El concreto hidráulico es una combinación de cemento Pórtland, agregados pétreos, agua y en ocasiones aditivos, para formar una mezcla moldeable que al fraguar forma un elemento rígido y resistente.

B.1. De acuerdo con su función, el concreto hidráulico se clasifica como:

B.1.1. Concreto hidráulico clase 1

Es el concreto cuya masa volumétrica, en estado fresco, está comprendida entre dos mil doscientos (2 200) y dos mil cuatrocientos (2 400) kilogramos por metro cúbico, determinada de acuerdo con lo indicado en el Manual M·MMP-2-02-053, *Características del Concreto con Includor de Aire*.

Al alcanzar su fraguado final, tendrá una resistencia a la compresión (f'_c) igual a veinticuatro coma cinco (24,5) megapascales (250 kg/cm²) o mayor.

B.1.2. Concreto hidráulico clase 2

Es el concreto cuya masa volumétrica, en estado fresco, está comprendida entre mil ochocientos (1 800) y dos mil doscientos (2 200) kilogramos por metro cúbico, determinada de acuerdo con lo indicado en el Manual M·MMP-2-02-053, *Características del Concreto con Inclusor de Aire*.

Al llegar a su fraguado final, tendrá una resistencia a la compresión (f'_c) menor de veinticuatro coma cinco (24,5) megapascales (250 kg/cm²).

B.2. De acuerdo con su forma de elaboración, el concreto hidráulico se clasifica como:

B.2.1. Concreto hidráulico hecho en obra

Se fabrica en la obra mediante un equipo mecánico ligero denominado revolvedora, dosificando generalmente sus componentes en volumen, o bien con equipos mayores como plantas dosificadoras, donde el proporcionamiento se hace por masa.

B.2.2. Concreto premezclado

Se dosifica o premezcla en una planta, por lo general no ubicada dentro de la obra, y posteriormente se le transporta en camiones mezcladores o de volteo al sitio requerido. La dosificación siempre se hace en masa. Si la planta sólo dosifica, ésta introduce los materiales a un equipo revolvedor mecánico automotor, con capacidad promedio de seis (6) metros cúbicos, el cual, durante el trayecto de la planta a la obra, realiza el mezclado.

C. REFERENCIAS

Esta Norma se complementa con los siguientes:

NORMAS Y MANUALES	DESIGNACIÓN
Calidad del Cemento Pórtland	N·CMT-2-02-001
Calidad de Agregados Pétreos para Concreto Hidráulico	N·CMT-2-02-002
Calidad del Agua para Concreto Hidráulico	N·CMT-2-02-003

Calidad de Aditivos Químicos para Concreto Hidráulico	N·CMT·2·02·004
Características del Concreto con Inclusor de Aire M·MMP·2·02·053	
Muestreo de Concreto Hidráulico	M·MMP·2·02·055
Revenimiento del Concreto Fresco	M·MMP·2·02·056
Resistencia a la Compresión Simple de Cilindros de Concreto	M·MMP·2·02·058
Resistencia a la Tensión de Cilindros de Concreto	M·MMP·2·02·059
Índice de Rebote del Concreto mediante Esclerómetro	M·MMP·2·02·061

D. REQUISITOS DE CALIDAD PARA EL CONCRETO HIDRÁULICO

El concreto y los componentes que lo constituyen, cumplirán con los requisitos de calidad que se indican a continuación:

D.1. REQUISITOS DE LOS COMPONENTES

D.1.1. Cemento Pórtland

El cemento Pórtland cumplirá con lo indicado en la Norma N·CMT·2·02·001, *Calidad del Cemento Pórtland*. Cuando el proyecto no especifique el tipo de cemento por usar en cada caso, se debe entender que se trata de cemento Pórtland ordinario (CPO).

D.1.2. Agregados

D.1.2.1. Los agregados cumplirán con lo indicado en la Norma N·CMT·2·02·002, *Calidad de Agregados Pétreos para Concreto Hidráulico*.

D.1.2.2. El tamaño máximo del agregado se seleccionará de acuerdo con las características del elemento estructural y con lo indicado por el proyecto o aprobado por la Secretaría, considerando que las dimensiones del agregado grueso no serán mayores que:

- Un quinto ($1/5$) de la menor distancia horizontal entre caras de los moldes,

- Un tercio ($\frac{1}{3}$) del espesor de las losas,
- Dos tercios ($\frac{2}{3}$) de la separación horizontal libre mínima entre varillas, paquetes de varillas o tendones de presfuerzo.

D.1.3. Agua

El agua de mezclado cumplirá con lo estipulado en la Norma N-CMT-2-02-003, *Calidad del Agua para Concreto Hidráulico*.

D.1.4. Aditivos

Cuando se haga uso de aditivos, éstos cumplirán con lo indicado en la Norma N-CMT-2-02-004, *Calidad de Aditivos Químicos para Concreto Hidráulico*, así como con las especificaciones establecidas por el fabricante para su uso, según sea el caso.

D.2. REVENIMIENTO

D.2.1. El revenimiento es la primera prueba que se le practica a un concreto en estado fresco, de acuerdo con lo establecido en el Manual M-MMP-2-02-056, *Revenimiento del Concreto Fresco*. Cuando no existan especificaciones al respecto, se aplicarán los valores nominales señalados en la Tabla 1 de esta Norma.

TABLA 1.- Valor nominal y tolerancias para el revenimiento

Unidades en cm

Revenimiento	Tolerancia	Consistencia
Menor de 5 ^[1]	± 1,5	Baja
Entre 5 y 10 ^[2]	± 2,5	Media
Mayor de 10 ^[3]	± 3,5	Alta

[1] Para elementos colados en planta bajo vibración pesada. Pavimentos de calles, carreteras y aeropuertos; secciones macizas grandes.

[2] Para pavimentos, losas para construcciones, cajones de cimentación, cimentaciones, losas estructurales, muros de subestructuras, columnas reforzadas normales, trabes, concreto para bombeo reforzadas.

[3] Para secciones especialmente difíciles y congestionadas, en las cuales no puede emplearse la vibración. Revenimiento mayor de 18 cm no se recomienda para uso alguno, excepto cuando se utilicen aditivos.

- D.2.2.** En caso de que el revenimiento sea inferior al límite especificado, aun considerando la tolerancia, el concreto podrá ser aceptado si no existen dificultades para su colocación.
- D.2.3.** El revenimiento del concreto estará dentro de los valores permisibles, durante los primeros treinta (30) minutos medidos a partir de que llegue a la obra. El periodo máximo de espera en el sitio de entrega es de treinta (30) minutos, manteniendo el equipo de transporte a una velocidad de agitación de seis (6) revoluciones por minuto.

D.3. TEMPERATURA

- D.3.1.** La temperatura máxima del concreto producido con materiales calentados para compensar las bajas temperaturas, no excederá de treinta y dos (32) grados Celsius en el momento de la producción y colocación.
- D.3.2.** En el caso de climas fríos, el Contratista de Obra procurará mantener la temperatura del concreto arriba de los límites indicados en la Tabla 2 de esta Norma.

TABLA 2.- Temperatura del concreto

Unidades en grados Celsius (°C)

Temperatura ambiente	Temperatura mínima del concreto	
	Secciones delgadas y losas sobre pisos	Secciones gruesas y concreto masivo
7 a -1	16	10
-2 a -18	18	13
< de -18	21	16

- D.3.3.** En climas cálidos, la temperatura máxima del concreto en el momento de la producción y colocación no excederá de treinta y dos (32) grados Celsius y no presentará una evaporación mayor de un (1) litro por metro cuadrado por hora.
- D.3.4.** Para contrarrestar el efecto de las temperaturas ambientales altas, se podrá considerar la conveniencia de enfriar los materiales y la posibilidad de enfriar el agua, sin que la temperatura del concreto fresco descienda a menos de diez (10) grados Celsius.

- D.3.5.** Para mejorar la resistencia al congelamiento y deshielo, según el tamaño máximo nominal de agregado, se podrán emplear los porcentajes de contenido total de aire indicados en la Tabla 3 de esta Norma.

TABLA 3.- Contenido total de aire según el tamaño del agregado

Tamaño nominal del agregado mm	Contenido total de aire recomendado según tipo de exposición, %		
	Ligero	Mediano	Severo
75	1,5	3,5	4,5
50	2,0	4,0	5,0
40	2,5	4,5	5,5
25	3,0	4,5	6,0
20	3,5	5,0	6,0
13	4,0	5,5	7,0
10	4,5	6,0	7,5

- D.3.6.** El intervalo del contenido total de aire en el concreto estará indicado en el proyecto o será aprobado por la Secretaría, de acuerdo con las condiciones particulares de cada obra. Se realizarán pruebas para determinar el contenido de aire, de acuerdo con lo indicado en el Manual M-MMP-2-02-053, *Características del Concreto con Includor de Aire*.
- D.3.7.** Se evitarán contenidos de aire superiores a los indicados en la Tabla 3 de esta Norma, ya que pueden reducir la resistencia a la compresión sin lograr una protección adicional.

D.4. RESISTENCIA

- D.4.1.** El concreto alcanzará la resistencia a la compresión (f'_c) o a la tensión (T), a los veintiocho días de edad, que se haya establecido en el proyecto, con las tolerancias allí indicadas.
- D.4.2.** Para verificar la resistencia a la compresión o a la tensión, se elaborarán especímenes de acuerdo con lo indicado en el Manual M-MMP-2-02-055, *Muestreo de Concreto Hidráulico* y serán probados conforme a los procedimientos indicados en

los Manuales M·MMP·2·02·058, *Resistencia a la Compresión Simple de Cilindros de Concreto* y M·MMP·2·02·059, *Resistencia a la Tensión de Cilindros de Concreto*, según corresponda.

- D.4.3.** Cuando sea necesario determinar el índice de rebote en el concreto endurecido, para evaluar la uniformidad superficial del concreto en el sitio, para delimitar zonas o áreas de diferentes resistencias o concreto deteriorado en las estructuras, así como para indicar cambios en las características del concreto a través del tiempo, se realizará la prueba descrita en el Manual M·MMP·2·02·061, *Índice de Rebote del Concreto mediante Esclerómetro*.
- D.4.4.** Cuando los resultados obtenidos de especímenes cilíndricos indiquen baja resistencia del concreto o porque existan evidencias de un mal acomodo o de curado, se deberá evaluar la resistencia mediante núcleos extraídos de la zona en donde fue colocado el concreto en duda. Por cada zona se probarán tres núcleos, el promedio de estos no será menor del ochenta y cinco (85) por ciento de la resistencia de proyecto (f'_c) y ningún valor será menor del setenta y cinco (75) por ciento de la de proyecto.

D.5. VOLUMEN

- D.5.1.** El volumen de una carga de concreto establecida, se determinará a partir de la masa total de los materiales de la mezcla, dividido entre la masa volumétrica del concreto mismo.
- D.5.2.** La masa volumétrica se determina en el concreto fresco, de acuerdo en lo establecido en el Manual M·MMP·2·02·053, *Características del Concreto con Inclusor de Aire*, antes de su colocación y será el promedio de por lo menos tres (3) mediciones, cada una efectuada en una muestra obtenida de diferentes revolturas hechas en obra por un mismo equipo y cuadrilla de trabajo. En el caso de concreto premezclado, las muestras se obtendrán de diferentes entregas con el mismo equipo y operador.
- D.5.3.** El volumen elaborado o suministrado, determinado tal como se indica en los Incisos D.5.1. y D.5.2. de esta Norma, se podrá aceptar con una tolerancia de más menos uno (± 1) por ciento respecto a la cantidad establecida.

- D.5.4.** Se entenderá que el volumen de concreto endurecido puede ser o aparentar ser, menor que el suministrado debido al desperdicio, derrame, sobre excavaciones, ensanchamiento o falta de calafateo en las cimbras, alguna pérdida de aire incluido, asentamiento de las mezclas húmedas y evaporación del agua, lo cual deberá tomarse en cuenta.

D.6. REQUISITOS DE MEZCLADO

El concreto elaborado con mezcladora estacionaria o camión mezclador o agitador deberá satisfacer los requisitos de uniformidad de mezclado del concreto indicados en la Tabla 4 de esta Norma.

D.6.1. Concreto mezclado en planta

Las mezcladoras serán operadas dentro de los límites de capacidad y velocidad designados por el fabricante del equipo. El tiempo de mezclado será medido desde el momento en que estén todos los materiales en el interior de la mezcladora, incluyendo el agua.

- D.6.1.1.** Se harán pruebas de uniformidad a los concretos con revenimiento inferior a cinco (5) centímetros, para determinar el tiempo de mezclado con el equipo que vaya a emplearse, de acuerdo con la Tabla 4 de esta Norma.

- D.6.1.2.** Cuando no se realicen pruebas de uniformidad de mezclado en el concreto con revenimiento mayor de cinco (5) centímetros, el tiempo de mezclado no será menor de un (1) minuto. Para mezcladoras de mayor capacidad, el tiempo mínimo indicado será aumentado en quince (15) segundos por cada metro cúbico o fracción de capacidad adicional.

- D.6.1.3.** Cuando se hayan hecho pruebas de uniformidad de mezclado y las mezcladoras sean cargadas a la capacidad estipulada para esas circunstancias en particular, el tiempo de mezclado aceptable puede ser reducido siempre y cuando se logre un mezclado satisfactorio.

TABLA 4.- Requisitos de uniformidad de mezclado del concreto

Prueba	Diferencia máxima permisible entre pruebas con muestras obtenidas de dos porciones diferentes de la descarga ^[1]
1.-Masa volumétrica, kg/m ³	15
2.-Contenido de aire, % del volumen del concreto determinado para concretos con aire incluido	1
3.- Revenimiento, cm: <ul style="list-style-type: none"> • Si el revenimiento promedio es menor de 6 cm • Si el revenimiento promedio está comprendido entre 6 y 12 cm • Si el revenimiento promedio es superior a 12 cm 	1,5 2,5 3,5
4.-Cantidad de agregado grueso retenido en la malla N°4 (4,75 mm), % de la masa de la muestra	6
5.-Promedio de la resistencia a la compresión a 7 días de edad de cada muestra, basado en la resistencia promedio de todos los especímenes de prueba, % ^[2]	10 ^[3]

[1] Las dos muestras para efectuar las determinaciones de esta Tabla se obtendrán de dos porciones diferentes tomadas al principio y al final de la descarga. (Principio: del 10 al 15% del volumen. Final: del 85 al 90 % del volumen)

[2] No menos de tres cilindros serán elaborados y probados para cada muestra

[3] La aprobación tentativa de la mezcladora puede ser otorgada antes de obtener los resultados de la prueba de resistencia

D.6.1.4. Cuando se inicie el mezclado del concreto en una revolvedora estacionaria y se complete en el camión mezclador, el tiempo de mezclado en la revolvedora estacionaria podrá ser exclusivamente el requerido para entremezclar los ingredientes, considerando que después de cargar el camión mezclador será necesario un mezclado adicional a la velocidad especificada en la placa metálica del camión, que normalmente es de diez (10) a doce (12) revoluciones por minuto, para que el concreto alcance los requisitos indicados en la Tabla 4

de esta Norma, pero sin que la olla exceda de trescientas (300) vueltas o una hora y media (1,5) después de la incorporación del agua a los componentes mezclados. Si se requiere un mezclado adicional en el camión previo a la descarga, este se realizará a la velocidad de agitación, que por lo regular es de dos (2) a seis (6) revoluciones por minuto.

Regularmente, es conveniente hacer pruebas en el concreto, para verificar que se cumpla con los requisitos de uniformidad que se indica en la Tabla 4 de esta Norma.

- D.6.1.5.** Se considera que el concreto cumple con los requisitos de uniformidad cuando por lo menos los resultados de cuatro (4) pruebas de cinco (5) concuerden con los valores de la Tabla 4 de esta Norma.

D.6.2. Concreto mezclado en camión

Cuando el concreto sea mezclado totalmente en el camión revoledor, se requerirán de setenta (70) a cien (100) revoluciones a la velocidad de mezclado especificada (normalmente de diez (10) a doce (12) revoluciones por minuto). En el caso de requerirse mezclado adicional en el camión mezclador, éste se realizará a la velocidad de agitación, que por lo general es de dos (2) a seis (6) revoluciones por minuto. En caso de duda sobre la uniformidad de mezclado, el Contratista de Obra podrá realizar las pruebas indicadas y con base en los resultados, aceptar o rechazar el uso del camión mezclador, el cual no podrá utilizarse hasta que sea corregido. Cuando se encuentre satisfactorio el mezclado de algún camión mezclador, el mezclado de otros del mismo diseño y con el mismo estado de aspas podrá considerarse igualmente satisfactorio.

E. TRANSPORTE

- E.1.** El transporte y descarga total del concreto del camión mezclador se hará dentro de la primera hora y media (1,5) posterior a la introducción inicial del agua de mezclado. En condiciones especiales de temperatura ambiente, empleo de aditivos y otros, esta limitación del tiempo de descarga puede modificarse de común acuerdo entre el fabricante y el Contratista de Obra.

E.2. El concreto mezclado en planta puede ser transportado en equipo no mezclador, sólo si la caja del equipo de transporte es metálica, lisa, estanca y equipada con compuertas que permitan controlar la descarga del concreto y que eviten la segregación, fuga de mortero o lechada y esté cubierta con lona para proteger al concreto. El concreto será entregado en el lugar de trabajo en un tiempo no mayor de treinta (30) minutos, considerados desde la adición del agua e inicio del mezclado hasta su descarga total, con excepción del concreto que utilice aditivos retardantes, que puede ser mayor de acuerdo con lo indicado por el fabricante del aditivo y lo aprobado por la Secretaría.

F. CRITERIOS PARA ACEPTACIÓN O RECHAZO

F.1. El concreto hidráulico debe cumplir con todos los requisitos indicados en esta Norma, en el proyecto y en las Normas de los Libros CTR. *Construcción* o CSV. *Conservación* que procedan.

F.2. Para que un concreto hidráulico sea aceptado por la Secretaría, el Contratista de Obra o el proveedor cuando se trate de obras por administración directa, entregará a la Secretaría un certificado de calidad por cada lote o suministro, que garantice el cumplimiento de todos los requisitos establecidos en esta Norma, en el proyecto y en las Normas de los Libros CTR. *Construcción* o CSV. *Conservación* que procedan, según el tipo de concreto indicado en el proyecto; dicho certificado será expedido por su laboratorio o por un laboratorio externo, aprobados por la Secretaría. En cualquier momento la Secretaría puede verificar la calidad del concreto suministrado, en muestras obtenidas como se establece en el Manual M·MMP·2·02·055, *Muestreo de Concreto Hidráulico* y mediante los procedimientos de prueba contenidos en los Manuales que se señalan en la Cláusula C. de esta Norma. Será motivo de rechazo por parte de la Secretaría, el incumplimiento de cualquiera de los requisitos establecidos en esta Norma.

G. BIBLIOGRAFÍA

Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S. C., Norma Mexicana NMX-C-155-ONNCCE -2004, *Industria de la Construcción-Concreto Hidráulico-Especificaciones*, México (2004).

Comisión Federal de Electricidad, *Manual de Tecnología del Concreto*, Sección 2,3 y 4, México (1994).

CMT. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

N-CMT-2-02-005/04

American Concrete Institute, *Cement and Concrete Terminology*, Detroit, Mich, EUA (1990).

Powers, T.C., *The Properties of Fresh Concrete*, John Wiley and Sons Inc., New York, NY, EUA (1968).

Neville, A.M. y Brooks, J.J., *Concrete Technology*, Longman Scientific and Technical, Longman Group, Essex, Inglaterra (1987).

Portland Cement Association, *Principles of Quality Concrete*, John Wiley and Sons Inc, New York, NY, EUA (1975).

