LIBRO: MMP. MÉTODOS DE MUESTREO Y PRUEBA DE MATERIALES

PARTE: ***2. MATERIALES PARA ESTRUCTURAS***

TÍTULO: 02. Materiales para Concreto Hidráulico

CAPÍTULO: *063. Resistencia a la Compresión Simple de Cubos de Concreto*

A. CONTENIDO

Este Manual describe el procedimiento para determinar la resistencia a la compresión simple en especímenes cúbicos de concreto hidráulico, a que se refiere la Norma N·CMT·2·02·005, *Calidad del Concreto Hidráulico*, en muestras tomadas conforme al Manual M·MMP·2·02·055, *Muestreo de Concreto Hidráulico*.

B. OBJETIVO DE LA PRUEBA

Esta prueba permite determinar la resistencia a la compresión simple del concreto hidráulico aplicando una carga axial, utilizando especímenes cúbicos moldeados con una relación de 1 a 1.

Comunicaciones
Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes

C. REFERENCIAS

Este Manual se complementa con la Norma N·CMT·2·02·005, *Calidad del Concreto Hidráulico* y el Manual M·MMP·2·02·055, *Muestreo de Concreto Hidráulico*.

D. EQUIPO

El equipo para la ejecución de la prueba estará en condiciones de operación, calibrado o verificado, según sea el caso, limpio y completo en todas sus partes.

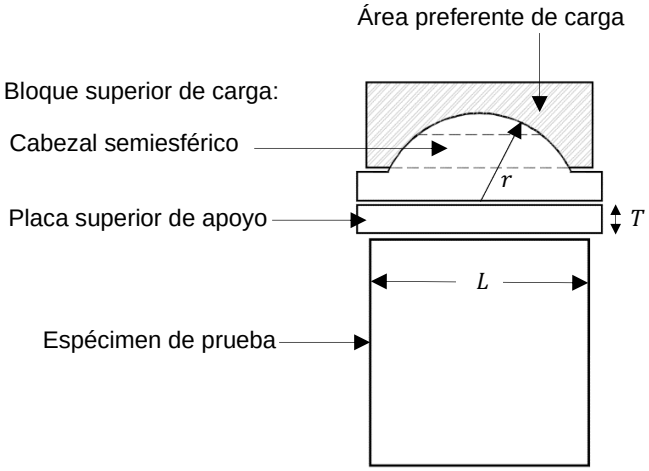
D.1. MÁQUINA DE PRUEBA (PRENSA)

D.1.1. Mecánica, hidráulica o neumática, con capacidad necesaria para determinar la resistencia a la compresión simple de los especímenes con control de velocidad de aplicación de carga, sin producir impactos ni pérdida de carga. Contará con certificado de calibración vigente expedido por un laboratorio debidamente acreditado. Si tiene solamente una velocidad de carga, esta cumplirá con lo indicado en el procedimiento de la prueba y contará con algún dispositivo complementario que sea operado mecánica o manualmente, a fin de ajustar la carga a una velocidad adecuada para su calibración.

D.1.2. La máquina se calibrará antes de ser puesta en operación, posteriormente cada año. Se realizará una calibración inmediatamente después de que se efectúen reparaciones o ajustes en los mecanismos de medición, cada vez que se cambie de sitio o se tengan variaciones en la exactitud de los resultados que sobrepasen los límites de la calibración, sin importar cuando se efectuó la última calibración.

D.1.3. Estará equipada con dos bloques sólidos de acero para la aplicación de la carga. El bloque superior de carga, como el mostrado en la Figura 1 de este Manual, contará con un cabezal de acero semiesférico y una placa superior de carga circular o cuadrada, que se fijará al cabezal de la máquina y que se apoyará en la parte superior del espécimen. El otro, será un bloque colocado en la parte inferior del equipo, que servirá de placa de base o platina, donde descansará el espécimen durante la prueba. Cuando el diámetro o longitud por lado de la

placa superior de carga del bloque superior exceda la longitud del espécimen en 13 mm o más, para facilitar el centrado adecuado, contará con círculos concéntricos ranurados sobre la superficie de apoyo de la placa de base o platina, cuyo perímetro no tenga más de 0,8 mm de profundidad ni más de 1,2 mm de ancho. La superficie de apoyo donde se asiente el bloque de carga será sensiblemente plana, cuya pendiente no diferirá en más de 0,05 mm en una longitud de 150 mm.



Se cumplirá que:

$T \geq (0{,}5\ L\ -\ r)$

Donde:

L = Longitud del espécimen, (cm)

r = Radio de la semiesfera, (cm)

T = Espesor de la placa superior de carga, (cm)

FIGURA 1.- Bloque superior de carga

Comunicaciones
Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes

D.1.3.1. El apoyo inferior puede tener un bloque adicional que podrá o no estar fijo a la platina, con un espesor uniforme entre bases. En caso de emplearse este bloque, cumplirá con los siguientes requisitos:

a) Se rectificará cuando se requiera para conservar las condiciones específicas de sus superficies, las cuales serán paralelas entre sí; su dimensión horizontal menor será por lo menos 3 % mayor que el lado del espécimen por probar; el uso de círculos o cuadrados concéntricos es opcional.

b) Cuando el bloque inferior de apoyo se use para centrar el espécimen, el centro de los cuadrados concéntricos o el centro del bloque coincidirá con el centro del cabezal semiesférico y se tendrá la precaución de que dicho bloque esté fijo a la platina.

c) El bloque de apoyo inferior tendrá como mínimo 22,5 mm de espesor después de cualquier rectificación de superficies.

D.1.3.2. El bloque superior cumplirá con los siguientes requisitos:

a) La placa superior de apoyo unida al cabezal semiesférico podrá ser cuadrada.

b) El diámetro o lado mínimo de la placa superior de apoyo será el indicado en la Tabla 1 de este Manual. La superficie de apoyo no diferirá de un plano en más de 0,05 mm en una longitud de 150 mm.

c) El centro de la semiesfera del cabezal coincidirá con el centro de la superficie de la placa superior de apoyo, con una tolerancia de ± 5 % del radio de la semiesfera. El diámetro de la semiesfera será equivalente, cuando menos, al 75 % de uno de los lados del espécimen por probar. Preferentemente, el área de contacto tendrá forma circular, mientras que la semiesfera y el soporte se diseñarán para que el acero en las áreas de contacto no se deforme de manera permanente, como se muestra en la Figura 1 de este Manual.

TABLA 1.- Diámetro o lado mínimo de la placa superior de carga

Longitud de los especímenes de prueba cm	Diámetro o lado mínimo de la placa superior de carga cm
5,0	7,07
7,5	10,60
10,0	14,14
15,0	21,21
20,0	28,28

d) La superficie curva del soporte y la porción semiesférica se conservarán limpias y se lubricará con aceite mineral delgado y no con grasas lubricantes.

e) La porción móvil del cabezal semiesférico podrá girar libremente por lo menos 4° en cualquier dirección.

D.2. DISPOSITIVO DE LECTURA DE CARGA

Comunicaciones

D.2.1. Dispositivo indicador de carátula

D.2.1.1. Si la carga se registra en el indicador de carátula, este tendrá la sensibilidad necesaria para registrar con precisión la carga aplicada. Es recomendable mantener la uniformidad de las divisiones en la escala de toda la carátula. Además, la carátula contará con una línea de referencia en cero y una graduación que inicie en forma progresiva hasta alcanzar la marca de al menos el 10 % de su capacidad.

D.2.1.2. Con una aguja indicadora, la cual tendrá longitud suficiente para coincidir con las marcas de graduación sin que el ancho de su extremo llegue a ser mayor que el claro libre entre dos divisiones mínimas.

D.2.1.3. Equipada la carátula con una aguja de arrastre de la misma longitud que la aguja indicadora y un mecanismo para ajustar a la referencia en cero en caso de desviación.

D.2.2. Dispositivo con indicador digital

Si el sistema de carga cuenta con un indicador digital, este estará equipado con un dispositivo que registre la carga máxima aplicada.

D.3. BALANZA

Con capacidad mínima de 20 kg y una resolución mínima de 10 g.

D.4. HERRAMIENTAS Y MATERIALES AUXILIARES

D.4.1. Regla rígida de bordes rectos que esté elaborada de un material que no se deforme, preferiblemente metal.

D.4.2. Escuadra metálica a 90° que no se encuentre deformada para que permita calibrar la perpendicularidad de los especímenes de prueba.

D.4.3 Vernier

D.4.4. Aceite mineral.

D.4.5. Paño, tela o yute.

D.4.6. Nivel de burbuja.

D.4.7. Transportador o goniómetro, con resolución de 0,5°.

D.5. EQUIPO DE SEGURIDAD

Para protección personal, como bata, guantes de látex con protección química o de carnaza, anteojos transparentes resistentes a químicos y protección auditiva.

E. PREPARACIÓN DE LOS ESPECÍMENES CÚBICOS DE CONCRETO

E.1. Se retiran los especímenes de la pileta o del cuarto de curado y se cubren con una manta mojada para evitar la pérdida de humedad, hasta el inicio de la prueba.

E.2. En el caso de especímenes sometidos a condiciones especiales, como el curado a vapor o curado en un ambiente con las mismas condiciones que la estructura, estos se probarán con la condición de humedad con las que se hayan quedado después del proceso de curado. Cuando los especímenes sean recopilados de zonas donde existe un calor extremo, se considerará el clima similar del sitio, incluso cuando se haya tenido un tratamiento por curado, esto para contemplar las condiciones similares a las cuales estará expuesto el concreto hidráulico.

E.3. Se miden con la regla graduada o vernier dos lados adyacentes y dos alturas opuestas con una aproximación de 1 mm; la relación será de 1:1 con una variación aceptable del 1 % de diferencia en las dimensiones nominales.

E.4. Los especímenes cúbicos no necesitan cabeceo, sin embargo, se necesitan eliminar todos los sobrantes de las aristas y limpiar las superficies de las caras que estarán en contacto con las cabezas superior e inferior de la máquina de prueba. Dichas caras podrán ser cualquiera del espécimen que hayan estado en contacto con el molde.

E.5. La comprobación de la perpendicularidad de los especímenes se realizará con la escuadra metálica a 90°, colocándola sobre la superficie limpia en dos lados opuestos y comprobando que la escuadra no se aparte en más de 0,5°, como se muestra en la Figura 2 de este Manual, lo cual podrá comprobarse con un transportador o goniómetro.

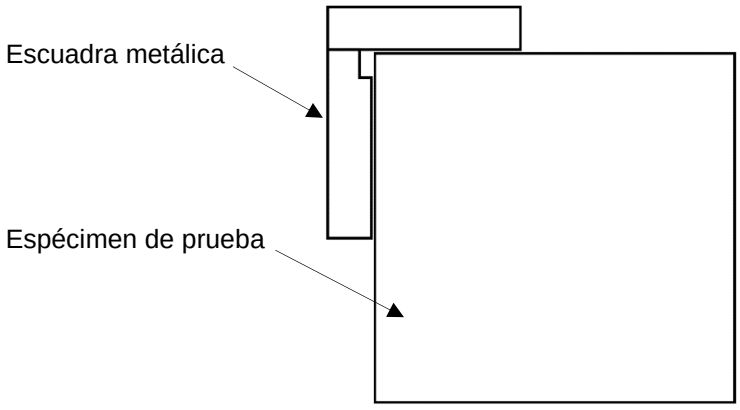


FIGURA 2.- Comprobación de la perpendicularidad con escuadra metálica

F. PROCEDIMIENTO DE LA PRUEBA

F.1. La resistencia de los especímenes de concreto se determina a las edades y con las tolerancias de tiempo que se indican en la Tabla 2 de este Manual.

TABLA 2.- Tolerancias en el tiempo para probar los especímenes de concreto

Edad de la prueba días	Tolerancia h
1	± 0,5
3	± 2
7	± 6
14	± 12
28	± 20
90	± 48

F.2. Se limpian las superficies de las placas superior e inferior de la prensa y los extremos de los especímenes de prueba; se coloca el espécimen por probar sobre la placa inferior, alineando su eje cuidadosamente respecto del centro de la placa superior de apoyo, mientras la placa superior de apoyo se baja hacia el espécimen hasta lograr un contacto suave y uniforme.

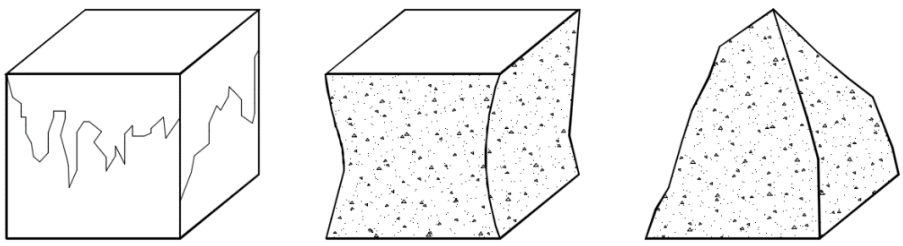
F.3. La velocidad de aplicación de la carga estará dentro de los intervalos indicados en la Tabla 3 de este Manual. Se permitirá una velocidad controlada mayor durante la aplicación de la primera mitad de la carga máxima esperada, siempre y cuando durante la segunda mitad se mantenga la velocidad especificada.

Comunicaciones
Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes

TABLA 3.- Velocidad de aplicación de carga

Espécimen	Lado de los especímenes cm	Área nominal cm^2	Velocidad de aplicación de la carga kN/s (kg/s)
Cubos	7,5	56,25	1,1 (113) - 1,7 (174)
	10	100	2,0 (204) - 3,0 (306)
	15	225	4,5 (459) - 6,8 (694)
	20	400	8,0 (816) - 12,0 (1 224)

F.4. Se aplica la carga de forma continua y con velocidad constante sin producir impacto ni pérdida de carga, hasta que el indicador señale que se ha alcanzado la carga máxima. Se registra la carga máxima y el tipo de falla y apariencia del concreto, como se indica en la Figura 3 de este Manual.



Tipo 1 Tipo 2 Tipo 3

FIGURA 3.- Tipo de fallas en cubos sometidos a compresión simple

F.5. Si las condiciones de la prueba provocan un estallido en el concreto y no es posible registrar el tipo de falla, sólo se registrará esta situación.

G. CÁLCULOS Y RESULTADOS

G.1. Como resultado de esta prueba se calcula y reporta la resistencia a compresión simple soportada por el espécimen, utilizando la siguiente expresión:

$$R = \frac{0{,}098 \times P}{A}$$

Donde:

R = Resistencia a la compresión simple, (MPa)

P = Carga máxima, (kg)

A = Área promedio de la sección transversal del espécimen, (cm^2)

G.2. El informe de los resultados incluirá, como mínimo, los siguientes datos:

- Obra y ubicación.
- Clave de identificación del espécimen.
- Edad del espécimen.
- Dimensiones del espécimen en cm, con aproximación a 1 mm.
- Área de la sección transversal en cm^2, con aproximación a un décimo.
- Masa del espécimen en kg.
- Carga de ruptura en kN.
- Resistencia a la compresión en MPa.
- Descripción de la falla, usando como referencia la Figura 3 de este Manual.
- Defectos observados en las caras de los especímenes.
- Nombre del operador o laboratorista que ejecutó la prueba.
- Fecha y hora de la prueba.
- Fecha y hora del muestreo del colado.
- Fecha de la última calibración del equipo.
- Observaciones**.**

Comunicaciones
Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes

H. PRECAUCIONES

Para evitar errores durante la ejecución de la prueba, se observarán las siguientes precauciones:

H.1. Que se compruebe la limpieza de los equipos y dispositivos empleados en la realización de las pruebas.

H.2. Que la máquina de prueba esté debidamente calibrada y en perfectas condiciones de mantenimiento.

H.3. Que en el traslado desde el sitio donde se tomen las muestras al laboratorio de prueba, se tomen las medidas necesarias para evitar golpes, desprendimiento de aristas o cualquier movimiento brusco que pudiera afectar los resultados de las pruebas para cada espécimen.

Comunicaciones

Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes

SUBSECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA
Dirección General de Servicios Técnicos
Av. Coyoacán 1895
Col. Acacias, Benito Juárez, 03240
Ciudad de México
www.gob.mx/sct

INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE
Km 12+000, Carretera Estatal No. 431
"El Colorado-Galindo", San Fandila,
Pedro Escobedo, 76703, Querétaro
https://normas.imt.mx
normas@imt.mx