

LIBRO: MMP. MÉTODOS DE MUESTREO Y PRUEBA DE MATERIALES

PARTE: 2. MATERIALES PARA ESTRUCTURAS

TÍTULO: 02. Materiales para Concreto Hidráulico

CAPÍTULO: 058. Resistencia a la Compresión Simple de Cilindros de Concreto

A. CONTENIDO

Este Manual describe el procedimiento para determinar la resistencia a la compresión simple en especímenes cilíndricos 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, utilizando especímenes cilíndricos moldeados o extraídos.

C. REFERENCIAS

Este Manual se complementa con las siguientes:

NORMAS Y MANUAL	DESIGNACIÓN
Calidad del Cemento Pórtland	N·CMT·2·02·001
Calidad del Concreto Hidráulico	N·CMT·2·02·005
Muestreo de Concreto Hidráulico	M·MMP·2·02·055

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 que cumpla con lo indicado en el procedimiento de la prueba, 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 y posteriormente, cada año o cada 40 000 pruebas, lo que ocurra primero. La calibración de las máquinas será efectuada por un laboratorio debidamente acreditado. 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 dudas acerca de la exactitud de los resultados, sin importar cuando se efectuó la última calibración.

D.1.3. 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, 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 el diámetro o longitud del espécimen en 13 mm o más, para facilitar el centrado adecuado, se grabarán círculos concéntricos sobre la superficie de apoyo de la placa de base o platina, que no tengan más de 0,8 mm de profundidad ni más de 1,2 mm de ancho. La superficie de apoyo no diferirá de un plano, en más de 0,05 mm en una longitud de 150 mm.

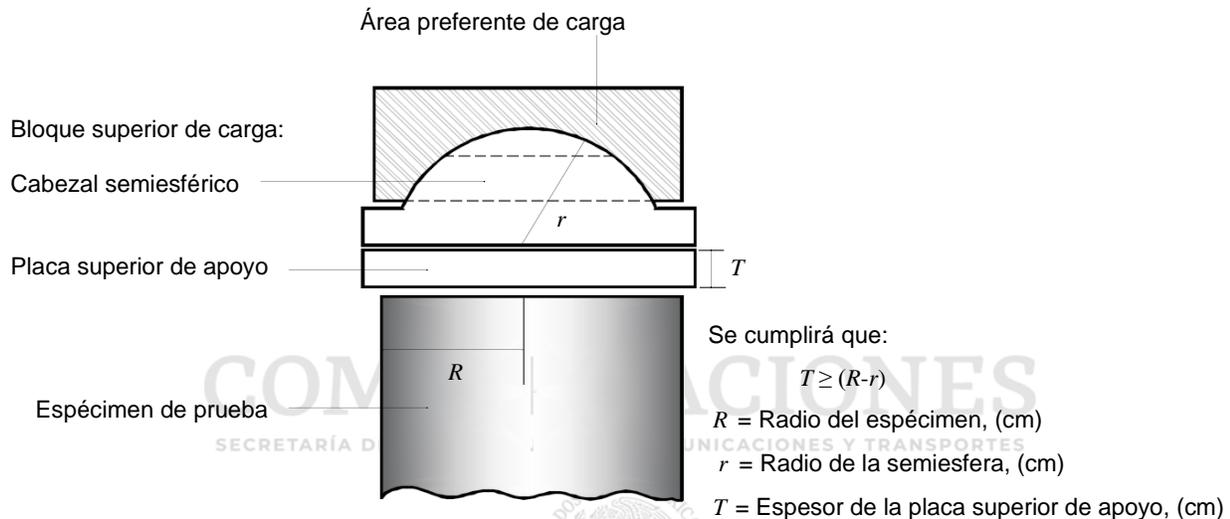


FIGURA 1.- Bloque superior de carga

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:

- 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 diámetro del espécimen por probar. El uso de círculos concéntricos será opcional; de usarse, éstos se marcarán en la placa de base si el cabezal excede el diámetro del espécimen en 13 mm o más.
- Cuando el bloque inferior de apoyo se use para centrar el espécimen, el centro de los círculos concéntricos y el centro del bloque coincidirán con el centro del cabezal semiesférico y se tendrá la precaución de que dicho bloque esté fijo a la platina.
- 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:

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

- No se probarán especímenes con relación diámetro-altura menor de 1:1.

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

Diámetros de los especímenes de prueba cm	Diámetro o lado mínimo de la placa superior de carga cm
5	5,15
7,5	7,73
10	10,3
15	15,45
20	20,6

- El centro de la semiesfera del cabezal coincidirá con el centro de la superficie de la placa superior de apoyo, con una tolerancia de $\pm 5\%$ del radio de la semiesfera. El diámetro de la semiesfera será equivalente, cuando menos al 75 % del diámetro 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.
- La superficie curva del soporte y la porción semiesférica se conservarán limpias y se lubricará con aceite mineral delgado y no con grasas lubricantes.
- La porción móvil del cabezal semiesférico podrá girar libremente por lo menos 4° en cualquier dirección.

D.2. DISPOSITIVO DE LECTURA DE CARGA

D.2.1. Dispositivo indicador de carátula

- Si la carga se registra en el indicador de carátula, éste 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.
- 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.
- 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, estará equipado con un dispositivo que registre la carga máxima aplicada.

D.3. DISPOSITIVOS DE ALINEAMIENTO

Pueden ser barras guías o niveles de gota; en unión con las placas de cabeceo para asegurar que ni una sola capa del cabeceo se aparte de la perpendicularidad del eje del espécimen cilíndrico en más de $0,5^\circ$ (aproximadamente 3 mm en 300 mm).

D.4. PLACAS DE CABECEO

D.4.1. CON PASTA DE CEMENTO

Para el cabeceo de especímenes con pasta de cemento, se podrán emplear placas de vidrio o placas de metal pulido de 6 mm de espesor como mínimo o placas de acrílico, plástico, granito u otro material pétreo pulido, con 12 mm de espesor por lo menos.

D.4.2. CON MORTERO DE AZUFRE

Para el cabeceo de especímenes con mortero de azufre, se emplearán platos metálicos, cuyo diámetro sea por lo menos 5 mm mayor que el diámetro del espécimen por cabecear. La planicidad de la superficie del plato no diferirá en más de 0,05 mm en 150 mm y estará libre de estrías, ranuras o depresiones que afecten la planicidad de la capa cabeceada con la tolerancia antes indicada. Cuando se prueben cilindros de concreto de 15 cm de diámetro, el espesor de la placa para cabeceo con mortero de azufre, no será menor de 11 mm; para otros diámetros de cilindros de concreto, el espesor será tal que no afecte el cabeceo por choques térmicos al enfriarse rápidamente. Si el espesor de la placa para cabeceo provoca contracciones o fracturas del mortero de azufre, se probará con una placa de mayor espesor.

D.5. DISPOSITIVOS PARA CABECEO VERTICAL

Se puede emplear un plato formado por dos piezas metálicas que faciliten el afinado de la superficie de cabeceo. En tal dispositivo la sección inferior es una placa sólida y la sección superior es un anillo circular maquinado, que forma el borde del plato; estas piezas se fijan con tornillos.

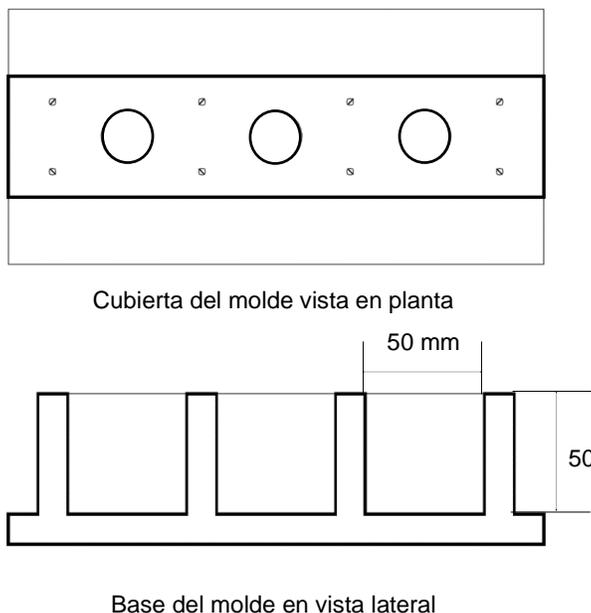
D.6. RECIPIENTE PARA FUNDIR EL MORTERO DE AZUFRE

Se utilizarán dispositivos que controlen automáticamente la temperatura o recipientes de calor externo. En ambos casos, los recipientes estarán fabricados o forrados con algún material que no sea reactivo con el mortero de azufre fundido. Para realizar la operación de fundido del azufre se contará con una campana de extracción de gases o realizarlo en un lugar bien ventilado.

D.7. MOLDE PARA MORTERO DE AZUFRE

De metal, con tres compartimentos cúbicos de $50 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$ por lado. El molde se podrá separar en dos partes como máximo, considerando que cuando éstas se ensamblen, quedarán fuertemente sujetas mediante los dispositivos con los que cuente el molde, como pueden ser tornillos roscados. Las paredes del molde serán lo suficientemente rígidas para prevenir derrames o deformaciones.

El molde contará con dos placas metálicas que se dispondrán como base y cubierta, respectivamente como se muestra en la Figura 2 de este Manual. También es posible emplear una base plana de fenol formaldehído (*baquelita*) de 3 mm de espesor que tenga tres espacios convenientemente dispuestos para permitir el llenado del molde, la cual se coloca entre éste y la placa metálica de cubierta.



Dibujo sin escala

FIGURA 2.- Cubierta y base para moldes cúbicos de mortero de azufre

D.8. FUENTE DE CALOR

Estufa o cualquier otra fuente de calor de flama abierta.

D.9. BALANZA

Con capacidad mínima de 20 kg y una resolución mínima de 10 g; para especímenes de diámetro mayor de 100 mm, con una resolución mínima de 50 g.

D.10. HERRAMIENTAS Y MATERIALES AUXILIARES

- Varilla de acero para agitar, con un extremo redondo.
- Compás de punta.
- Regla rígida de bordes rectos que esté elaborada de un material que no se deforme, preferiblemente metal o vidrio.
- Calibradores de laminillas para espesores (*lainas*).
- Regla graduada con capacidad de medir por lo menos una longitud de 310 mm y división mínima de 1 mm.
- Escuadra metálica de 90 °, que no se encuentre deformada para que permita calibrar la perpendicularidad de los especímenes de prueba.
- Hojas de polietileno.
- Aceite mineral.
- Paño, tela o yute.
- Nivel de burbuja.

D.11. EQUIPO DE SEGURIDAD

Para protección personal, como bata, guantes de látex con protección química o de carnaza, mascarilla para polvos (respirador) Tipo N90, anteojos transparentes resistentes a químicos y protección auditiva.

E. MATERIALES PARA CABECEO

Todos los materiales por emplear serán de alta calidad, considerando siempre la fecha de su caducidad.

E.1. CEMENTO

El cemento Pórtland que se utilice para el cabeceo de los especímenes recientemente moldeados, cumplirá con los requisitos descritos en la Norma N-CMT-2-02-001, *Calidad del Cemento Pórtland*.

E.2. MORTERO DE AZUFRE

E.2.1. Determinación de la resistencia a la compresión del mortero de azufre

Se comprobará que los morteros de azufre comerciales o preparados en el laboratorio que se utilicen para cubrir las caras paralelas de los especímenes moldeados, obtengan la resistencia que se indica en Tabla 2 de este Manual, en un tiempo máximo de 2 h, de acuerdo con lo siguiente:

- E.2.1.1. Se preparan 3 especímenes cúbicos de $50 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$ por lado, se precalienta el molde respectivo a una temperatura que permita su manipulación y se lubrica el interior de los moldes que estarán en contacto con el mortero de azufre, con una capa delgada de aceite.
- E.2.1.2. Se funde el azufre a una temperatura entre 130° y 150°C ; se agita para homogeneizarlo y se vierte en los cubos empleando el vertedor de la jarra, una cuchara u otro utensilio apropiado. Se llena rápidamente cada uno de los tres compartimientos hasta que el material fundido llegue a la parte alta del agujero de la placa.
- E.2.1.3. Se deja el tiempo suficiente para que se presente el máximo de contracción debida al enfriamiento y solidificación que ocurre aproximadamente en 15 min y se llena cada agujero con el material fundido, rellenando para evitar la formación de huecos o tubos de contracción en el cuerpo. Para disminuir la velocidad de enfriamiento del espécimen, se puede colocar entre la placa de la cubierta y el molde, la placa plana de fenol formaldehído (*baquelita*) de modo que coincida con la placa metálica. Aunque el relleno ayuda a evitar la formación de huecos o tubos de contracción en el cuerpo del cubo, tales defectos pueden ocurrir de todos modos, por lo que es aconsejable comprobar la homogeneidad del interior de los cubos, siempre que los valores de la resistencia obtenida sean significativamente más bajos de lo esperado.
- E.2.1.4. Después de que se ha completado la solidificación, se retiran los cubos del molde sin romper la colada formada por el agujero de llenado en la placa de la cubierta. Se limpia el aceite, se raspan y retiran los sobrantes de las aristas y se comprueban los planos de las superficies de contacto.
- E.2.1.5. Se almacenan los cubos a la temperatura de laboratorio durante 2 h o hasta que adquiera la resistencia esperada, para posteriormente probarlos a la compresión simple aplicando la carga en dos caras opuestas y finalmente calcular su resistencia en MPa. La velocidad de aplicación de la carga sobre el espécimen será tal que falle en un tiempo de entre 20 y 80 s. De no alcanzar la resistencia requerida, se dosifican nuevamente los materiales de la mezcla del mortero de azufre y se repite la prueba.

TABLA 2.- Resistencia a la compresión y espesor máximo del mortero de azufre

Resistencia esperada del concreto, MPa (kg/cm ²)	Resistencia mínima del mortero de azufre, MPa (kg/cm ²)	Espesor promedio de la capa de cabeceo, mm	Espesor máximo de la capa de cabeceo, mm
3,5 a 50 (35 a 500)	35 (350) o la del concreto, cualquiera que sea mayor	6	8
Más de 50 (más de 500)	No menor que la resistencia del concreto	3	5

F. PREPARACIÓN DE LOS ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO

- F.1. Se retiran los especímenes de la pileta o del cuarto de curado y se cubren con una manta mojada antes y después del cabeceo para evitar la pérdida de agua, hasta el inicio de la prueba.
- F.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, éstos se probarán con la condición de humedad con las que se hayan quedado los especímenes después del proceso de curado.
- F.3. Se miden con la regla graduada y se registran la altura y diámetro del espécimen, con aproximación a 1 mm, promediando 2 medidas perpendiculares entre sí a la altura media del espécimen y 2 alturas opuestas. Para efectos de medir el diámetro se utiliza el compás de punta y se registra la masa del espécimen con aproximación al g.
- F.4. La superficie superior de los especímenes recién moldeados, cuando van a ser cabeceados con pasta de cemento, se cubre con una delgada capa de una pasta de cemento Pórtland de acuerdo con la Fracción E.1. de este Manual.
- F.5. Las bases de los especímenes cilíndricos de concreto endurecido que no se encuentren dentro de la tolerancia de 0,05 m con respecto a su plano, serán cortadas, pulidas o cabeceadas, para estar dentro de esa tolerancia. Cuando la base del espécimen cumpla con la planicidad y perpendicularidad requerida, se puede probar sin cabeceo, corte o pulido.
- F.6. La comprobación de la perpendicularidad de los especímenes cabeceados y pulidos se realiza con la escuadra metálica a 90 °, colocándola sobre la superficie cabeceada o pulida en dos lados opuestos y comprobando que la escuadra metálica no se aparte en más de 0,5° (3 mm aproximadamente en los 300 mm de altura del espécimen), como se muestra en la Figura 3 de este Manual.

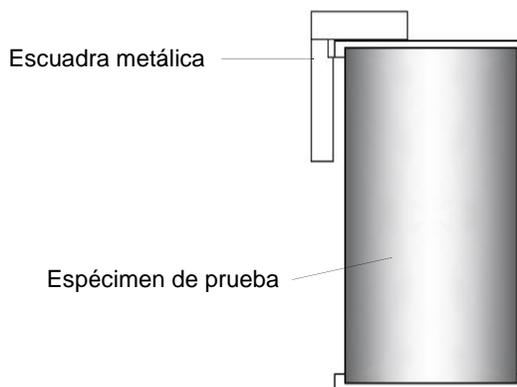


FIGURA 3.- Comprobación de la perpendicularidad con escuadra metálica

G. CABECEO DE ESPECÍMENES

Antes del cabeceo, se comprobará que la base de los especímenes o caras de aplicación de carga, no tengan una desviación con respecto a la perpendicular de su eje vertical, como se indica en la Fracción F.6. de este Manual, y que dichas superficies no presenten irregularidades respecto de un plano horizontal mayores de 0,05 mm. Las comprobaciones se harán por lo menos en uno de cada 10 especímenes, utilizando una regla con bordes rectos a la cual se le deslizará por debajo una laminilla calibradora para espesores. Se comprobará la planicidad si la laminilla de 0,05 mm no puede pasar por debajo de la regla rígida, como se muestra en la Figura 4 de este Manual, tomando un mínimo de tres lecturas en cada superficie. En caso de que no se cumpla con lo anterior, se considerará lo siguiente:

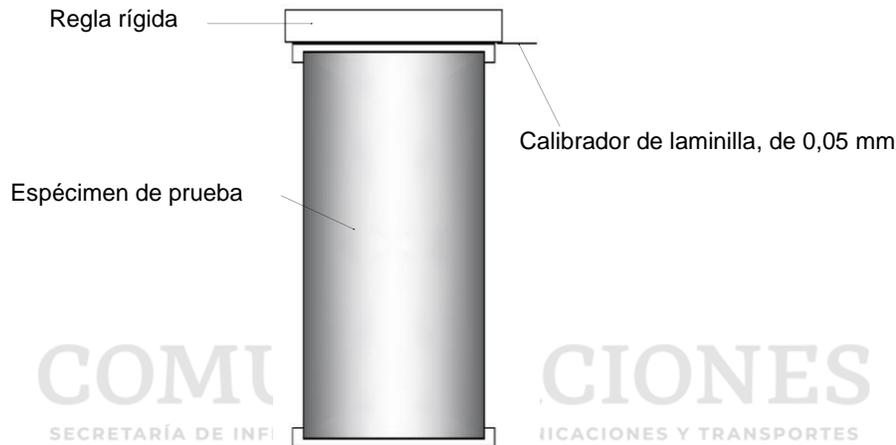


FIGURA 4.- Comprobación de la planicidad con regla rígida

G.1. CABECEO CON PASTA DE CEMENTO PÓRTLAND EN ESPECÍMENES RECIÉN MOLDEADOS

- G.1.1.** Para cabecear especímenes cilíndricos recién moldeados, se emplea pasta de cemento Pórtland puro, haciendo las capas tan delgadas como sea posible y aplicándolas sobre el extremo expuesto entre 2 y 4 h después del moldeo; dicha pasta se elaborará con una relación agua-cemento de 0,25 a 0,35 y de consistencia normal. Es conveniente enrasarla con una placa cabeceadora aproximadamente 30 min después de su aplicación. En este procedimiento es necesario retirar el agua de sangrado antes de aplicar la pasta de cemento. Otra alternativa para realizar este tipo de cabeceo consiste en espolvorear cemento puro sobre la superficie expuesta aún fresca y después de 1 a 2 h proceder a enrasar; en este caso no se retira el agua del sangrado previo al cabeceo.
- G.1.2.** Una vez realizado el cabeceo, se cubrirá con una hoja de polietileno y sobre ésta un paño húmedo para evitar el secado, de manera que se evite la pérdida de humedad.
- G.1.3.** Las capas de cemento tipo CPO requieren generalmente un mínimo de 6 días para desarrollar una resistencia aceptable y las capas con cemento de clase resistente 30R o 40R, requieren por lo menos 2 días.
- G.1.4.** El procedimiento descrito será utilizado para especímenes que vayan a ser curados por vía húmeda y en forma continua hasta el momento de la prueba, ya que los especímenes de concreto seco absorben agua de la pasta de cemento puro y pueden producir capas de adherencias no satisfactorias, además de que la pasta de cemento puro tiene una gran contracción por secado, lo que puede producir grietas.

G.2. CABECEO CON PASTA DE CEMENTO PÓRTLAND EN ESPECÍMENES DE CONCRETO ENDURECIDO

Los especímenes de concreto endurecido se retirarán del curado en húmedo o se asegurará que las caras por cabecear estén saturadas antes de empezar el cabeceo. Se puede usar el molde cilíndrico como cimbra del cabeceo, introduciendo el espécimen para lograr tener una superficie cabeceada que cumpla con la perpendicularidad requerida. De no ser así, se requiere de una referencia que sirva de plano vertical para que el cabeceo quede perpendicular o, en su defecto, utilizar un nivel de burbuja.

- G.2.1.** Se coloca una capa de pasta de cemento tan delgada como sea posible, aplicándola sobre la superficie expuesta; dicha pasta de cemento tendrá aproximadamente entre 0,25 y 0,35 de relación agua-cemento. Después de 30 min de su aplicación, se enrasa con una placa cabeceadora que esté húmeda.
- G.2.2.** Se deja endurecer el cemento aproximadamente 24 horas, para garantizar que no se separe, y se vuelve a colocar en el proceso de curado. En todo momento, se cubrirá y se mantendrá en condiciones húmedas, procurando no dañar la superficie cabeceada. Las capas de cemento requieren generalmente de un mínimo de 7 días para desarrollar una resistencia aceptable, por lo que su prueba no podrá ser antes de este plazo.

G.3. CABECEO CON MORTERO DE AZUFRE

- G.3.1.** Se prepara el mortero de azufre calentándolo a 140 ± 10 °C. Se recomienda colocar en los recipientes para el fundido la cantidad necesaria de mortero de azufre para los especímenes por cabecear en esa etapa y antes de volverse a llenar se elimina el material sobrante.
- G.3.2.** El mortero de azufre estará seco cuando se coloque en el recipiente para el fundido ya que el agua puede producir espuma. Por la misma razón, el mortero de azufre fundido se mantendrá alejado de cualquier fuente de humedad. El plato y los dispositivos para el cabeceo, serán precalentados ligeramente antes de ser empleados para disminuir la velocidad de enfriamiento y permitir la formación de capas delgadas. Inmediatamente antes de formar cada capa, se aceita ligeramente el plato de cabeceo y se agita el mortero de azufre fundido. Las bases de los especímenes curados en forma húmeda estarán suficientemente secas al momento del cabeceo, para evitar que dentro de las capas se formen burbujas de vapor o bolsas de espuma que impidan la adherencia con el concreto provocando agrietamientos.
- G.3.3.** Para asegurarse que la capa se ha adherido a la superficie del espécimen, la base de éste no será aceitada antes de la formación de la capa.
- G.3.4.** Los especímenes curados por vía húmeda serán mantenidos en condiciones húmedas durante el tiempo transcurrido entre el terminado del cabeceo y el momento de la prueba, regresándolos al almacenamiento húmedo o protegiéndolos con una manta húmeda para evitar la evaporación.
- G.3.5.** Cuando se utiliza un dispositivo para cabeceo vertical, se verterá el mortero de azufre sobre la superficie del plato para cabecear, se levanta el cilindro por encima del plato y se colocan los lados del cilindro utilizando las guías; se desliza el cilindro por las guías sobre el plato para cabecear mientras se mantiene en contacto constante con las guías de alineamiento. El extremo del cilindro continuará reposando en el plato para cabecear con los lados del cilindro en contacto con las guías de alineamiento, hasta que el mortero de azufre haya endurecido. Se utilizará material como una manta o similar para cubrir el extremo del cilindro después de que el mortero de azufre para cabeceo se haya solidificado, de manera que se evite la evaporación.
- G.3.6.** Se revisará la adherencia de las bases cabeceadas mediante golpeteos distribuidos en toda la superficie, evitando elementos metálicos. Si los cabeceos fallan en satisfacer los requisitos de planicidad o tienen áreas sin adherencia, se removerán y volverán a elaborar los cabeceos.

H. PROCEDIMIENTO DE LA PRUEBA

- H.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 3 de este Manual.

TABLA 3.- 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

- H.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.

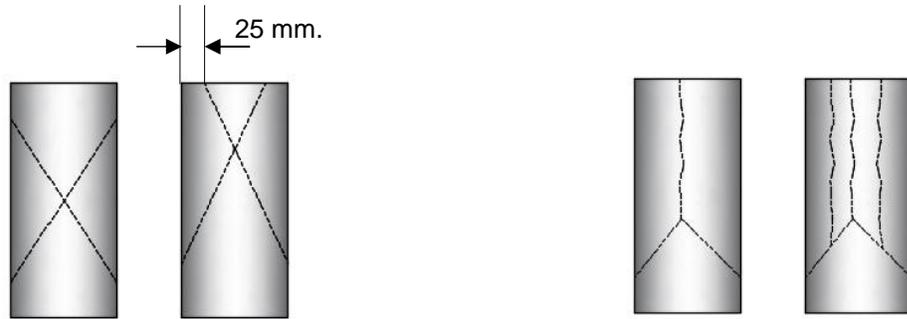
SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

- H.3.** La velocidad de aplicación de la carga estará dentro de los intervalos indicados en la Tabla 4 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.

TABLA 4.- Velocidad de aplicación de carga

Especímen	Diámetro de los especímenes, cm	Área nominal, cm ²	Velocidad de aplicación de la carga, kN/s (kg/s)
Cilindros	5,00	19,64	0,4 (41) – 0,6 (62)
	7,50	44,18	0,9 (92) – 1,3 (133)
	10,00	78,54	1,6 (163) – 2,4 (245)
	15,00	176,72	3,5 (357) – 5,3 (540)

- H.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 del cilindro de concreto, de acuerdo con lo mostrado en la Figura 5 de este Manual.
- H.5.** Si las condiciones de la prueba provocan un estallido en el concreto y no es posible registrar la falla, sólo se registrará esta situación, como es el caso de concretos de resistencia especificada superior a 40 MPa (407 kg/cm²), donde al probar los especímenes no se aprecie la falla o se destruyen antes de apreciarla.



Tipo 1

Se presentan conos razonablemente bien formados, el agrietamiento de las cabezas del cilindro distará de la pared lateral menos de 25 mm.

Tipo 2

Se presenta como bien formados en un extremo, agrietamiento vertical en el resto del espécimen.



Tipo 3

Se presenta agrietamiento vertical en forma de columnas a través de todo el espécimen, no se forman conos.



Tipo 4

Se presenta fracturas diagonales sin agrietamiento en los extremos, golpear poco para distinguirlo de la falla Tipo 1.

FIGURA 5.- Diagrama de fallas en cilindros sometidos a compresión

I. CÁLCULOS Y RESULTADOS

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

$$R = \frac{10P}{A}$$

Donde:

R = Resistencia a la compresión simple, (MPa)

P = Carga máxima, (kg)

A = Área promedio de la sección transversal del espécimen, (cm²)

- I.2. Cuando la altura promedio del espécimen es menor de 1,8 veces el diámetro, el resultado de la resistencia se corregirá por esbeltez de acuerdo con lo indicado en la Tabla 5 de este Manual. En el caso de usar mortero de azufre para el cabeceo o pasta de cemento, la relación de esbeltez se mide con el cilindro de concreto ya cabeceado. La resistencia a compresión simple soportada por el espécimen en estos casos se calcula y reporta utilizando la siguiente expresión:

$$R = \frac{10P}{A} \times Cr$$

Donde:

R = Resistencia a la compresión simple, (MPa)

P = Carga máxima, (kg)

A = Área promedio de la sección transversal del espécimen, (cm²)

Cr = Factor de corrección de esbeltez, (adimensional)

TABLA 5.- Factores de corrección por esbeltez

Relación altura-diámetro del espécimen	Factor de corrección a la resistencia, Cr
1,80 a 1,69	0,99
1,68 a 1,57	0,98
1,56 a 1,46	0,97
1,45 a 1,38	0,96
1,37 a 1,30	0,95
1,29 a 1,21	0,94
1,20 a 1,13	0,93
1,12 a 1,05	0,92
1,04 a 1,00	0,91

I.3. El informe de los resultados incluirá, como mínimo, los siguientes datos:

- Obra y ubicación.
- Clave de identificación del espécimen.
- Edad del espécimen.
- Diámetro y altura en cm con aproximación a 1 mm.
- Área de la sección transversal en cm² 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, como se muestra en la Figura 5 de este Manual.
- Defectos observados alrededor del espécimen o en la parte superior o inferior del cilindro (cabeza del cilindro).
- Nombre del operador o laboratorista que ejecutó la prueba.
- Fecha y hora de la prueba.
- Fecha y hora del colado del muestreo.
- Observaciones.

J. PRECAUCIONES

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

- J.1.** Que se compruebe la limpieza de los equipos y dispositivos empleados en la realización de las pruebas.
- J.2.** Que los platos, las placas, el recipiente de fundición y demás partes del equipo, estén limpios y en condiciones de operación.
- J.3.** Que la máquina de prueba esté debidamente calibrada y en perfectas condiciones de mantenimiento.

COMUNICACIONES
SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES



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

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