

- Instituto Técnico de la Construcción y del Cemento -

617-62 METODOS NORMALIZADOS A.S.T.M. PARA EL ENSAYO DE CEMENTOS.  
METODO DE ENSAYO PROPUESTO PARA LA DETERMINACION DE LA RESISTENCIA  
A LA COMPRESION DE MORTEROS DE CEMENTO HIDRAULICO EMPLEANDO CUBOS  
DE 2 PULGADAS (5,08 cm) DE LADO.

[Tentative Method of Test for Compressive Strength of Hydraulic Ce-  
 ment Mortars (Using 2-inc Cube Specimens)]<sup>(1)</sup>.

Referencia de la A.S.T.M.: C 109-54 T.

Método publicado en 1954.

- - -

Objeto

1. Este método de ensayo fija el procedimiento para de-  
 terminar la resistencia a la compresión de morteros de cemento hi-  
 dráulico, utilizando probetas cúbicas de 2 pulgadas (5,08 cm) de  
 lado.

Nota.- El método de ensayo propuesto para la determina-  
 ción de la resistencia a la compresión de morteros de ce-  
 mento hidráulico (empleando trozos de prismas rotos a -  
 flexión) [Tentative Method of Test for Compressive -  
 Strength of Hydraulic-Cement Mortars (Using Portions of  
 Prisms Broken in Flexure) (ASTM Designation: C 349)] pre-  
 senta otro procedimiento para esta determinación.

Aparatos

2. (a) Balanzas.-- Las balanzas para pesar los materia-  
 les que se utilizan para preparar las mezclas de mortero deben -  
 adaptarse a las siguientes especificaciones: En las balanzas en -  
 uso, para una carga de 2000 g, la variación permitida es de +2,8  
gramos; en una balanza nueva ha de ser la mitad de este valor. La

(1) Según el procedimiento de normalización de la Sociedad, este método se encuentra bajo la jurisdic-  
 ción del Comité C-1, sobre cemento, de la A.S.T.M.

sensibilidad recíproca no ha de ser superior al doble de la varia  
ción tolerada.

(b) Pesas.— La variación permitida en las pesas en uso, utilizadas para pesar los materiales que se emplean para preparar las mezclas de mortero, deben ser las prescritas en la Tabla I. — Las variaciones permitidas en las pesas nuevas deben ser la mitad de los valores de la Tabla I.

TABLA I

VARIACIONES TOLERADAS EN LAS PESAS

peso (g)	Variaciones toleradas en las pesas en uso (g)
1000	0,50
900	0,45
750	0,40
500	0,35
300	0,30
250	0,25
200	0,20
100	0,15
50	0,10
20	0,05
10	0,04
5	0,03
2	0,02
1	0,01

(c) Tamices.— Los tamices empleados [nº 100 (149 micras), nº 50 (297 micras), nº 30 (590 micras) y nº 16 (1190 micras)] son de malla metálica, con orificios cuadrados; han de cumplir los requisitos fijados por las NORMAS PARA TAMICES DE ENSAYOS [Standard Specifications for Sieves for Testing Purposes (ASTM Designation: E 11)].

(d) Probetas de vidrio.- Deben emplearse probetas de vidrio (de vidrio) de capacidades convenientes (suficientemente grandes para medir el agua de amasado en una sola operación), graduadas a 20°C. La variación permitida es de  $\pm 2$  ml. Estas probetas deben estar subdivididas, como mínimo, en 5 ml. Deben omitirse, en probetas de 250 ml, las líneas de graduación correspondientes a valores inferiores a 10 ml; y las inferiores a 25 ml en las de 500 mililitros. Las graduaciones principales deben ser círculos y estar numeradas; las graduaciones mínimas deben extenderse, como mínimo, a lo largo de un séptimo de círculo, y, las graduaciones intermedias, a lo largo de un quinto.

(e) Moldes de probetas.- Los moldes para las probetas de ensayo de 2 pulgadas (5,08 cm) de lado, deben ajustarse perfectamente. Los moldes no deben tener más de tres compartimientos cúbicos y no se han de descomponer en más de dos partes. Ambas partes de los moldes, una vez ensambladas, deben mantenerse perfectamente unidas. Los moldes deben ser de metal duro, inatacable por el mortero de cemento. Para los moldes nuevos, el número de dureza de Rockwell no debe ser inferior a B 55. Las paredes de los moldes deben ser suficientemente rígidas, de forma que no presenten alabeo. Las caras interiores de los moldes deben ser superficies planas, permitiéndose una variación de 0,001 pulgadas (0,0254 mm), para los moldes nuevos, y 0,002 pulgadas (0,0508 mm) para los moldes en uso. Las distancias entre las caras opuestas deben ser de  $2 \pm 0,005$  pulgadas (5,08  $\pm$  0,0127 cm) en el caso de moldes nuevos, y  $2 \pm 0,02$  pulgadas (5,08  $\pm$  0,0508 cm) para los moldes en uso. La altura de los moldes, medida separadamente para cada compartimiento cúbico, debe ser de 2 pulgadas (5,08 cm), permitiéndose una variación de  $+ 0,01$  pulgadas ( $+ 0,254$  mm) y  $- 0,005$  pulgadas ( $- 0,127$  mm) para los moldes nuevos, y  $+ 0,01$  pulgadas ( $+ 0,254$  mm) y  $- 0,015$  pulga

das (- 0,381 mm) para los moldes en uso. El ángulo entre las caras interiores adyacentes y entre las interiores y los planos de la parte superior y de la parte inferior del molde deben ser de  $90 \pm 0,5^{\circ}$ , medidos en puntos ligeramente separados de la intersección de las caras.

(f) Mezcladora, recipiente y paleta.- La mezcladora debe ser mecánica, con impulsión eléctrica, equipada con una paleta y un recipiente de mezcla, como se especifica en la Sección 2 (a), (b) y (c) del METODO PROPUESTO PARA LA MEZCLA MECANICA DE MORTEROS DE CEMENTO HIDRAULICO DE CONSISTENCIA PLASTICA [Tentative Method for Mechanical Mixing of Hydraulic Cement Mortars of Plastic Consistency (ASTM Designation: C 305)].

(g) Mesa de sacudidas y molde.- La mesa de sacudidas y el molde, empleados en la determinación del desparramamiento, deben estar de acuerdo con los requisitos de las NORMAS PROPUESTAS PARA LA MESA DE SACUDIDAS UTILIZADA EN LOS ENSAYOS DE CEMENTO HIDRAULICO [Tentative Specifications for Flow Table for Use in Tests of Hydraulic Cement (ASTM Designation: C 230)]<sup>(1)</sup>.

(h) Pisón.- El pisón debe ser de un material no absorbente, no abrasivo, no frágil, tal como un compuesto de caucho que tenga una dureza (durómetro Shore A) de  $80 \pm 10$ , o de madera de roble endurecida, que se ha hecho no absorbente por inmersión, durante 15 minutos, en parafina a unos  $200^{\circ}\text{C}$ . Tiene una sección de  $\frac{1}{2} \times 1$  pulgadas (1,27 x 2,54 cm) y una longitud conveniente (5 ó 6 pulgadas - 12,7 ó 15,24 cm). La cara de apisonado es lisa, en ángulo recto con el eje del pisón.

(i) Espátula.- La espátula debe tener una hoja de acero, de 4 a 6 pulgadas (10,16 a 15,24 cm) de longitud, con bordes rec-

(1) Véase U.A.M.C. nº 63.

tos.

(j) Máquina de ensayo.- La máquina de ensayo ha de ser o hidráulica o de tornillo, con suficiente abertura entre la superficie de apoyo superior y la inferior, con objeto de que se puedan emplear aparatos de comprobación. La carga aplicada a la probeta de ensayo se indica con una precisión de  $\pm 1,0\%$ . La superficie de apoyo superior debe ser un bloque metálico, endurecido, asentado mediante una rótula y unido con firmeza al centro de la parte superior de la máquina. El centro de la esfera debe encontrarse en el centro de la superficie del bloque en contacto con la probeta. El bloque se mantiene firmemente en su asiento esférico, pero se puede mover en cualquier dirección. La diagonal o diámetro (Nota) de la superficie de apoyo debe ser, sólo, ligeramente mayor que la diagonal de la cara del cubo de 2 pulgadas (5,08 cm), de tal forma que se facilite el centrado de la probeta. Debajo de la probeta se emplea un bloque de apoyo de metal endurecido, para disminuir el desgaste de la placa inferior de la máquina. Las superficies de los bloques de apoyo en contacto con las probetas deben tener un número de dureza de Rockwell no inferior a C 60. Estas superficies no deben diferir de una superficie plana en más de 0,0005 pulgadas (0,0127 mm), cuando los bloques son nuevos, y deben mantenerse dentro de una variación tolerada de 0,001 pulgadas (0,0254 milímetros).

Nota.- Puede ser satisfactorio un diámetro de  $3\frac{1}{2}$  pulgadas (8,8898 cm), que es suficientemente amplio para el ensayo de cilindros de 3 x 6 pulgadas (7,62x15,24 cm), supuesto que el bloque de apoyo inferior tiene un diámetro ligeramente mayor que la diagonal de la cara del cubo de 2 pulgadas (5,08 cm), pero no más que 2,9 pulgadas (7,366 centímetros), y está centrado con respecto al bloque de apoyo superior y mantenido en esta posición mediante dispositivos adecuados.

### Temperatura y humedad

3. La temperatura del aire, en la proximidad de la placa de mezcla, materiales secos, moldes, placas de base y recipiente de mezcla, se mantiene entre 20 y 27,5°C. La temperatura del agua de amasado, cámara húmeda, y agua para el almacenamiento, no debe diferir de 23°C en más de  $\pm 1,7^{\circ}\text{C}$ . La cámara húmeda debe construirse en forma tal, que se tenga gran facilidad de almacenamiento de las probetas, a una humedad relativa no inferior a 90%.

### Arena normal graduada

4. La arena (Nota) utilizada para preparar las probetas debe ser arena natural silícica de Ottawa, Ill., con la siguiente granulometría:

Tamiz	Rechazo (%)
nº 100 (149 micras)	98 $\pm$ 2
nº 50 (297 micras)	72 $\pm$ 5
nº 30 (590 micras)	2 $\pm$ 2
nº 16 (1190 micras)	nada

Nota.- Segregación de la arena graduada.- La arena normal graduada debe manejarse de tal forma que se impida la segregación, puesto que las variaciones en la granulometría de la arena producen variaciones en la consistencia del mortero. Al vaciar los sacos de arena en los silos, o al sacarla fuera de los sacos o silos, hay que tener cuidado para impedir la formación de cráteres en la arena, pues por las pendientes de los mismos caerían las partículas más pesadas. Los silos deben tener la suficiente capacidad para permitir tales precauciones. No se deben emplear artificios para retirar la arena de los silos por gravedad.

### Análisis de la arena mediante tamices

(a) Para comprobar la granulometría de la arena se lle-

va a cabo un ensayo de la misma en cada uno de los cuatro tamices especificados en la Sección 2 (c). Se cuartea una muestra de arena en una de 700 g, obtenida cuarteando el contenido de un saco lleno (100 libras-45,36 kg), que se ha mezclado completamente, habiéndose alisado o extendido para disminuir la segregación durante el cuarteamiento.

(b) Se realiza la prueba en cada tamiz con unos 100 g de arena. No se intenta la selección de un peso determinado de forma exacta. Se ejecutan las operaciones de tamizado en la forma especificada para el tamizado de cemento en el METODO NORMALIZADO DE ENSAYO PARA LA DETERMINACION DE LA FINURA DEL CEMENTO HIDRAULICO MEDIANTE EL TAMIZ nº 200 [Standard Method of Test for Fineness of Hydraulic Cement by the No. 200 Sieve (ASTM Designation: C 184)]; se continúa el tamizado hasta que no pase más de 0,5 g a su través, en 1 minuto de tamizado continuo. Se expresa el peso del residuo que queda en el tamiz como un porcentaje del peso de la muestra original. Pueden utilizarse dispositivos mecánicos de tamizado, pero no debe rechazarse la arena si cumple los requisitos cuando se ha ensayado por el método a mano descrito en el Método C 184.

#### Número de probetas

6. Deben prepararse tres o más probetas para cada período de ensayo especificado.

#### Preparación de los moldes

7. Se recubren las caras interiores de los moldes con una delgada capa de aceite mineral o de grasa. Las superficies de contacto de las dos mitades de cada molde se recubren, asimismo, con una delgada capa de aceite mineral pesado, de grasa o de un de

rivado cualquiera de petróleo. Después de ensamblar las dos mitades, se retira, de las caras interiores y de las superficies inferior y superior de cada molde, el exceso de aceite o de grasa. Se colocan los moldes sobre unas placas planas, no absorbentes, que se han recubierto con una delgada capa de aceite mineral, grasa o derivado de petróleo. Se aplica una mezcla, calentada entre 110 y 120°C, de tres partes de parafina y cinco partes de resina (en peso), en las juntas de contacto entre los moldes y las placas de base, de manera que el molde quede estanco (Nota).

Nota.- Moldes estancos.- La mezcla de parafina y resina, especificada para las juntas entre los moldes y las placas de base puede ser difícil de retirar cuando se limpian los moldes. Se permite el empleo de parafina si se obtiene una junta impermeable, pero, debido a la pequeña resistencia de la parafina, se emplea únicamente cuando el molde no se mantiene junto a la placa de base por la parafina sola. Puede asegurarse una junta impermeable con solo parafina, calentando ligeramente el molde y la placa de base antes de recubrir la junta. Los moldes, tratados de esta forma, han de recuperar la temperatura especificada antes de emplearlos.

#### Dosificación, consistencia y mezcla de los morteros

8. (a) Las proporciones de los materiales secos para preparar el mortero normal son 1 parte de cemento y 2,75 partes de arena normal graduada (en peso). Las cantidades de materiales secos que se han de amasar de una vez, para preparar seis probetas de ensayo, son 500 g de cemento y 1.375 g de arena normal graduada; y, para preparar nueve probetas de ensayo, 740 g de cemento y 2.035 g de arena normal graduada. La cantidad de agua de amasado (medida en mililitros) debe ser tal, que el mortero presente un ~~desparramiento~~ entre 100 y 115, determinado según se especifica en la Sección 9; dicha cantidad se expresa como porcentaje del peso

de cemento (Nota).

Nota.- Como guía para el mortero de prueba inicial, el porcentaje de agua, en peso de cemento, necesario para producir el desparramamiento especificado, debe ser de 47%, en el caso de cemento portland que contiene materia "air-entraining", y 49%, aproximadamente, en el caso de cemento portland que no contiene materia "air-entraining".

(b) El amasado se ha de llevar a cabo mecánicamente, de acuerdo con el procedimiento indicado en la Sección 5 del método C 305. Cuando se ha terminado el amasado, se sacude la paleta de forma que todo el mortero quede en el recipiente de amasado.

#### Determinación del desparramamiento

9. Se limpia, frotando cuidadosamente, la parte superior de la mesa de sacudidas; después se seca. El molde se coloca en el centro. Se coloca, en el molde, una capa de mortero de 1 pulgada (2,54 cm), aproximadamente, de espesor; se apisona 20 veces con el pisón. La presión de apisonado debe ser la suficiente para que obtenga un llenado uniforme del molde. Después, se llena el molde con mortero, y se apisona como se ha indicado para la primera capa. Se retira el exceso de mortero, alisando su superficie y enrasando con la parte superior del molde; para lo cual se pasa el borde recto de la espátula (que se mantiene casi perpendicular al molde) a través de todo el molde. Se limpia y se seca, cuidadosamente, la mesa de sacudidas, teniendo especial cuidado de quitar todo el agua que puede haber alrededor del molde. Se levanta el molde, para separarlo del mortero, un minuto después de haberse terminado la operación de amasado. Inmediatamente, se levanta la mesa, 25 veces en 15 segundos, hasta una altura de  $\frac{1}{2}$  pulgada (1,27 centímetros). El desparramamiento es el aumento del diámetro medio

de la masa de mortero, medido como mínimo en cuatro diámetros, a intervalos aproximadamente iguales; se expresa como porcentaje del diámetro original. Se preparan varios morteros de prueba, con diferentes porcentajes de agua, hasta que se obtiene el desparramamiento especificado. Cada prueba se realiza con mortero fresco.

#### Enmoldado de las probetas de ensayo

10. Inmediatamente después de realizar la determinación del desparramamiento, se coloca de nuevo el mortero empleado en el recipiente de amasado. Se raspan las paredes de dicho recipiente para reunir con la totalidad del mortero el que pudiese haberse quedado en aquéllas. Se amasa durante 15 segundos a una velocidad media. Se comienza el enmoldado de las probetas, después de nomás de 2 minutos y 15 segundos del primer amasado del mortero. Se coloca una capa de 1 pulgada (2,54 cm), aproximadamente, de espesor en todos los compartimientos cúbicos. Se apisona el mortero en cada compartimiento cúbico (Sección 2 (i)) 32 veces, en unos 10 segundos, en cuatro vueltas. En cada vuelta se sigue una dirección normal a la de la anterior. Cada una comprende 8 golpes sobre la superficie del molde, tal como se indica en la figura 5. La presión de apisonado debe ser justamente la suficiente para asegurar un llenado uniforme de los moldes. En cada cubo se han de completar las cuatro vueltas de apisonado del mortero (32 golpes), antes de pasar al siguiente. Cuando se ha completado el apisonado de la primera capa, en todos los compartimientos cúbicos, se llenan con lo que queda de mortero y se apisonan como se indica para la primera capa. Durante el apisonado de la segunda capa se vuelve a meter, mediante los dedos enguantados y el pisón, después de cada vuelta de apisonado, el mortero que ha sido arrastrado hasta la parte superior de los moldes; esta operación se ha de realizar antes

de ompezar la siguiente vuelta de apisonado. Al terminar el apisonado, las partes superiores de todos los cubos deben extenderse ligeramente por encima de las partes superiores de los moldes. Se mete, mediante una paleta o espátula, el mortero que ha sido arrastrado hasta las partes superiores de los moldes; se alisan los cubos, pasando una espátula (con el borde delantero ligeramente levantado), a través de la parte superior de cada cubo, en dirección normal a la longitud del molde. Entonces, con el fin de enrasar el mortero y conseguir que el espesor del mortero que sobresale por encima de la parte superior del molde sea uniforme, se pasa la espátula (con el borde delantero ligeramente levantado), suavemente, una vez, siguiendo la longitud del molde. Se retira el exceso de mortero, alisando y enrasando con la parte superior del molde, pasando el borde recto de la espátula (mantenida casi perpendicularmente al molde), con un movimiento de sección, siguiendo la longitud del molde.

Nota.- Cuando se ha de realizar una amasada duplicada, inmediatamente después, para preparar unas probetas adicionales, puede omitirse el ensayo de determinación del desparramamiento. Se deja que el mortero permanezca en el recipiente de mezcla durante 90 segundos, y entonces se vuelve a amasar, durante 15 segundos, a una velocidad media, antes de comenzar el enmoldado de las probetas.

#### Almacenamiento de las probetas de ensayo

11. Una vez terminado el enmoldado de las probetas, se colocan en una cámara húmeda. Todas las probetas de ensayo se conservan, después del enmoldado, en los moldes, sobre las placas de base, en la cámara húmeda, unas 20 a 24 horas, con sus superficies superiores expuestas al aire húmedo, pero protegidas del goteo del agua. Si las probetas se retiran de los moldes antes de las 24 ho

ras, se conservan en los estantes de la cámara húmeda hasta que tienen una edad de 24 horas; entonces se sumergen, excepto las que se dedican al ensayo a las 24 horas, en agua limpia, en depósitos de almacenamiento contruidos con materiales no corrosibles. El agua de almacenamiento se mantiene limpia mediante un cambio frecuente.

### Procedimiento

12. (a) En el caso de tratarse de probetas que se han de ensayar a las 24 horas de preparadas, se someten a ensayo inmediatamente después de retirarlas de la cámara húmeda; todas las restantes probetas se ensayan después de retirarlas del agua de almacenamiento. Si se retiran, a la vez, más de una probeta de la cámara húmeda, para realizar el ensayo a las 24 horas, se mantienen cubiertas con un paño húmedo hasta el momento del ensayo. Si se retiran, para someterlas a ensayo, más de una probeta, del agua de almacenamiento, se mantienen en agua, a una temperatura de  $23 \pm 1,7^{\circ}\text{C}$ , completamente sumergidas hasta el momento del ensayo.

(b) Se frota cada probeta, de forma que sus superficies queden secas. Se retira cualquier grano de arena o incrustación, que estén desprendidos, de las caras que se pondrán en contacto con los bloques de apoyo de la máquina de ensayo. Se confrontan dichas caras aplicando una regla (Nota). Si existe una curvatura apreciable, se pulo la cara o caras hasta obtener superficies planas, o bien se desecha la probeta.

Nota.- Caras de las probetas.- Pueden obtenerse resultados inferiores a la resistencia verdadera sometiendo a carga caras de la probeta cúbica que no sean verdaderas superficies planas. Por consiguiente, es esencial que los moldes de las probetas se conserven escrupulosamente limpios, pues, de otra forma, pueden presentarse gran

dos irregularidades en las superficies. Los instrumentos utilizados para limpiar los moldes deben ser más blandos que el metal de los moldes, para impedir el desgaste de estos últimos. En el caso de que sea necesario pulir las caras de las probetas, se puede llevar a cabo frotando la probeta sobre una lámina de papel de lija fino, o sobre tela encolada, hasta que se obtenga una superficie plana; se ha de ejercer, únicamente, una presión moderada. Tal pulido es tedioso para más de unas milésimas de pulgada; en el caso de que sea preciso realizar un desgaste superior, se recomienda desechar la probeta.

(c) Se aplica la carga a las caras de la probeta que es taban en contacto con las superficies verdaderamente planas del mol de. Se coloca cuidadosamente la probeta en la máquina de ensayo, debajo del centro del bloque superior de apoyo. No se utilizan ma teriales de almohadillado ni de soporte. Se puede aplicar, a una velocidad adecuada, una carga inicial de la mitad de la carga máxima esperada para las probetas que tienen una carga máxima probable superior a 3000 libras (1360,7 kg). No se ha de aplicar carga inicial a las probetas que se espera que tengan una carga máxima de menos de 3000 libras. Se ajusta la velocidad de aplicación de la carga, de manera que el resto de la carga (o la carga total, en el caso de probetas que se espera que tengan una carga máxima inferior a 3000 libras) se aplique, sin interrupción, hasta rotura, a tal velocidad que la carga máxima se alcance en no menos de 20 ni más de 60 segundos. No se realiza ajuste en los controles de las máquinas de ensayo mientras una probeta está cediendo rápidamente antes de la rotura.

### Cálculos

13. Se anota la carga máxima total indicada por la máquina de ensayo, y se calcula la resistencia a la compresión, en li bras por pulgada cuadrada (kilogramos por centímetro cuadrado). Si

el área de la sección transversal de la probeta difiere en más de 0,06 pulgadas cuadradas ( $0,3870 \text{ cm}^2$ ) de 4 pulgadas cuadradas ( $25,8064 \text{ cm}^2$ ), se utiliza el área real para el cálculo de la resistencia a la compresión.

#### Probetas defectuosas y repetición de los ensayos

14. Al determinar la resistencia a la compresión, no se han de tener en cuenta las probetas que son francamente defectuosas, o que dan resistencias que difieren en más de 10% del valor medio de todas las probetas preparadas con la misma muestra y ensayadas en el mismo período (Nota). Después de desechar las probetas, o los valores de las resistencias que no sirven, si han quedado menos de dos valores de resistencia para la determinación de la resistencia a la compresión en un cierto período, se ha de repetir el ensayo.

Nota.- Los resultados de resistencia dignos de confianza dependen de una observación cuidadosa de todos los requisitos y procedimientos especificados. Los resultados erróneos en un cierto período de ensayo indican que algunos de los requisitos no han sido observados cuidadosamente; por ejemplo, los que se refieren al ensayo de las probetas como se prescribe en la Sección 12 (b) y (c). El centrado impropio de las probetas determina fracturas oblicuas o un movimiento lateral de una de las piezas de la máquina de ensayo durante la carga, lo cual determinará la obtención de resultados más bajos. Una probeta rota de esta forma debe considerarse como francamente defectuosa si su resistencia difiere en más de 10% de la media de todas las probetas de ensayo realizadas con la misma muestra y ensayadas en el mismo período.

(Nota del R.- Este método de ensayo ha sido tomado del "1954 Supplement to Book of ASTM STANDARDS, Including Tentatives", parte 3ª, pág. 16).

S.P.S.

- - -

