

**LIBRO: MMP. MÉTODOS DE MUESTREO Y PRUEBA DE MATERIALES**

**PARTE: 2. MATERIALES PARA ESTRUCTURAS**

**TÍTULO: 02. Materiales para Concreto Hidráulico**

**CAPÍTULO: 006. Tiempo de Fraguado del Cemento por el Método de Vicat**

**A. CONTENIDO**

Este Manual describe el procedimiento de prueba para determinar, por el método de Vicat, el tiempo de fraguado del cemento Pórtland, a que se refiere la Norma N-CMT-2-02-001, *Calidad del Cemento Pórtland*.

**B. OBJETIVO DE LA PRUEBA**

Esta prueba permite determinar el tiempo de fraguado inicial y final de una pasta elaborada con cemento Pórtland. La prueba consiste en colocar, sobre la superficie de una probeta elaborada con la muestra de cemento, un dispositivo de características previamente definidas (aguja de Vicat), midiendo la penetración de la aguja dentro de la probeta, repitiendo el procedimiento a intervalos regulares hasta que dicha penetración sea la correspondiente a la condición buscada, registrando así el tiempo transcurrido desde el inicio de la prueba.

**C. REFERENCIAS**

Este Manual se complementa con los siguientes:

NORMAS Y MANUALES	DESIGNACIÓN
Calidad del Cemento Pórtland .....	N-CMT-2-02-001
Calidad del Agua para Concreto Hidráulico .....	N-CMT-2-02-003
Muestreo de Cemento Pórtland .....	M-MMP-2-02-001
Consistencia Normal del Cemento .....	M-MMP-2-02-016

**D. EQUIPO Y MATERIALES**

El equipo para la ejecución de la prueba estará en condiciones de operación, calibrado, limpio y completo en todas sus partes. Todos los materiales por emplear serán de alta calidad, considerando siempre la fecha de su caducidad.

**D.1. APARATO DE VICAT**

Como el mostrado en la Figura 1 de este Manual, que cuente con:

- Una base metálica con un soporte en la parte superior para sujetar una barra móvil, que permita el deslizamiento de la misma.
- Un anillo tipo troncocónico con su diámetro menor de  $60 \pm 3$  mm, diámetro mayor de  $70 \pm 3$  mm y altura de  $40 \pm 1$  mm.
- Una placa cuadrada de 100 mm por lado.

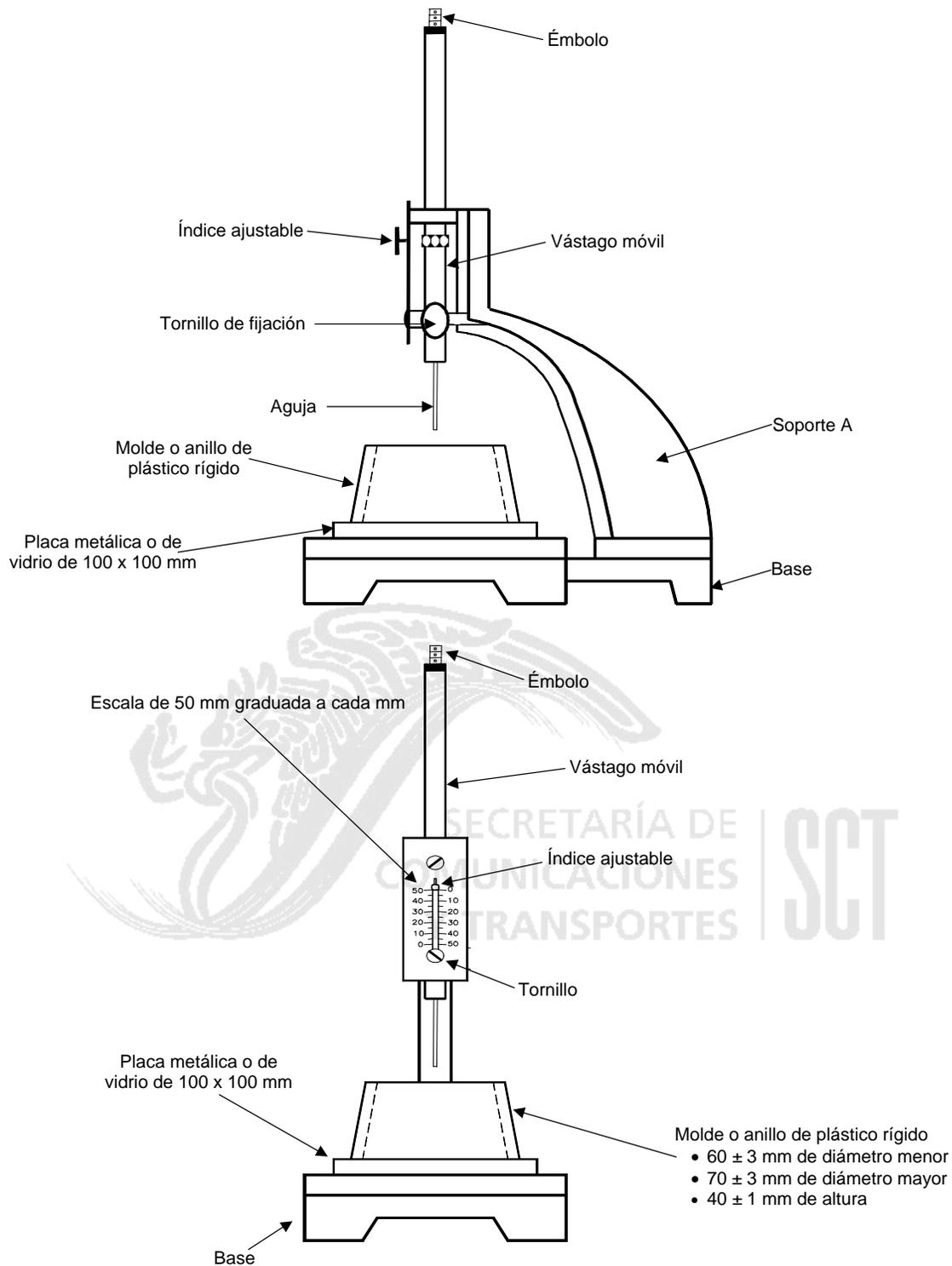


FIGURA 1.- Aparato de Vicat

- Una barra móvil de acero inoxidable con una dureza Rockwell no menor de C-35, con una masa total de  $300 \pm 0,5$  g considerando todos sus aditamentos, con un extremo de  $10 \pm 0,05$  mm de diámetro y largo mínimo de 50-mm, que permita el acoplamiento de una aguja desmontable (aguja de penetración) con diámetro de  $1 \pm 0,05$  mm y 50 mm de largo en su extremo opuesto, que cuente en su cuerpo con un indicador ajustable que señale sobre una placa graduada en mm, que forma parte del soporte, la penetración de la aguja en la pasta de cemento.

## D.2. MEZCLADOR MECÁNICO

Impulsado eléctricamente, del tipo epicíclico, que imparte un movimiento de traslación y de rotación a una paleta colocada en posición vertical dentro de un recipiente, con las dimensiones mostradas en la Figura 2 de este Manual y que contará con:

- D.2.1.** Motor eléctrico con una potencia no menor de 124 W ( $\frac{1}{6}$  hp), provisto con dos velocidades cuyos cambios se realicen por medio de un dispositivo mecánico que evite pérdidas por fricción, considerando que la velocidad baja se aplica para el giro de la paleta a  $140 \pm 5$  rpm, con un desplazamiento planetario de la paleta de 62 vueltas por minuto aproximadamente, mientras que la velocidad alta se aplica para el giro de la paleta a  $285 \pm 10$  rpm, con un desplazamiento planetario de la paleta de 125 vueltas por minuto aproximadamente.
- D.2.2.** Paleta de acero inoxidable, capaz de ajustarse firmemente al mecanismo del aparato mezclador y fácilmente desmontable para su limpieza; su diseño debe coincidir con el perfil del recipiente, para que durante el movimiento planetario y giratorio de la paleta siempre se conserven las siguientes holguras:
- La distancia entre las aristas laterales de la paleta con las paredes del recipiente en su posición más cercana, considerando el equipo en funcionamiento, será de 0,8 mm a 4 mm.
  - La distancia entre la arista inferior de la paleta y el fondo del recipiente será de 0,8 mm a 2,5 mm.
- D.2.3.** Recipiente de mezclado de acero inoxidable, desmontable del mezclador, con capacidad de 4,73 L, que cuente con dispositivos para ajustarse firmemente al mezclador y tapa resistente a los cementos, con la forma y dimensiones mostradas en la Figura 2 de este Manual.

## D.3. CRONÓMETRO

Con mecanismo de paro y arranque, con precisión mínima de 1% y aproximación de 0,5 s como mínimo para intervalos de hasta 60 s y de 1 s para intervalos de 60 a 300 s.

## D.4. BALANZA

Con capacidad de 2 000 g y aproximación de 1g.

## D.5. PROBETAS

De vidrio, con capacidad de 200 a 500 ml y graduación a cada 5 ml como mínimo, visibles en por lo menos en tres cuartas partes de la circunferencia de la probeta; los volúmenes para dichas marcas se verificarán a 20°C.

## D.6. CUCHARA DE ALBAÑIL

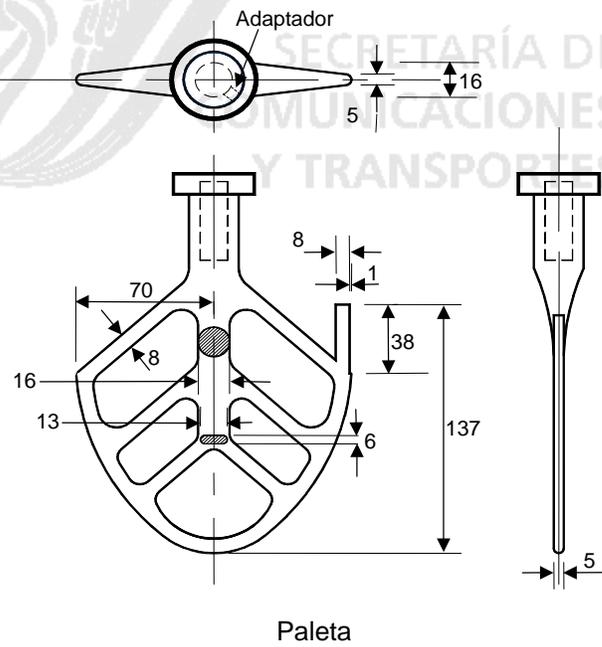
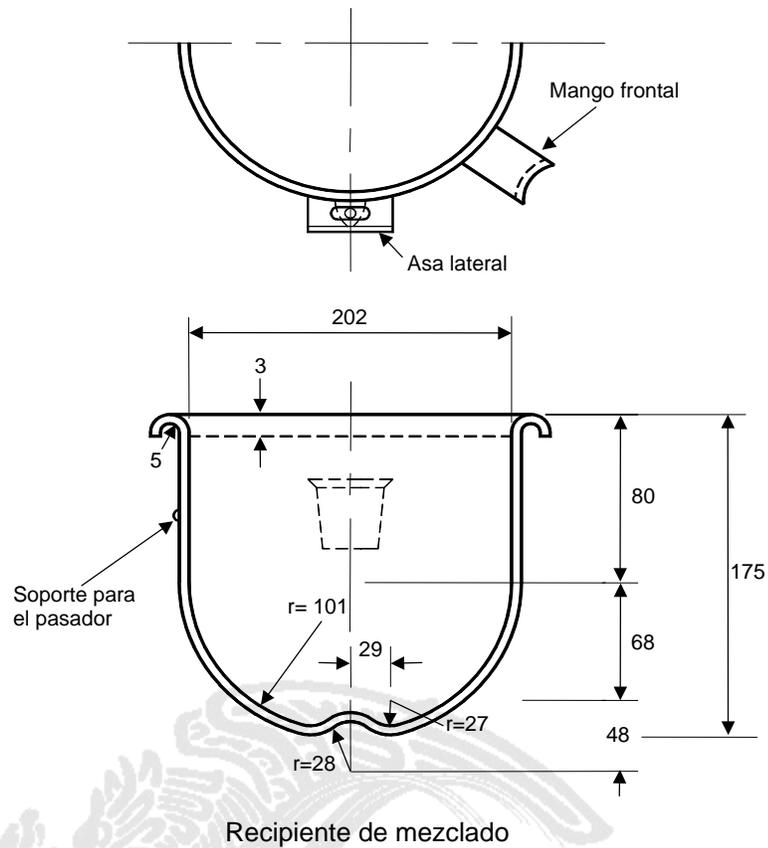
De acero, de 100 a 150 mm de largo y con extremos rectos.

## D.7. ESPÁTULA DE HULE SEMIDURO

De 75 x 50 mm, con forma de cuchillo, adelgazándose longitudinalmente hasta terminar en 2 mm de arista y provista en el extremo contrario de un mango de 150 mm de largo.

## D.8. GUANTES

De hule látex u otro material no absorbente y resistente a los componentes del cemento.



Acotaciones en mm

FIGURA 2.- Recipiente y paleta de mezclado

## D.9. AGUA

Potable, de acuerdo con lo indicado en la Norma N-CMT-2-02-003, *Calidad del Agua para Concreto Hidráulico*.

## E. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

### E.1. CEMENTO PÓRTLAND

La muestra de cemento Pórtland, obtenida según se establece en el Manual M-MMP-2-02-001, *Muestreo de Cemento Pórtland*, se homogeneiza a fin de obtener una porción representativa de 650 g, considerando que la temperatura en el laboratorio a la hora de determinar la masa, estará entre 20 y 27°C.

### E.2. AGUA DE MEZCLADO

La cantidad de agua potable debe ser igual al volumen determinado en la prueba descrita en el Manual M-MMP-2-02-016, *Consistencia Normal del Cemento*, medida en una sola operación en una probeta graduada y a una temperatura de  $23 \pm 2^\circ\text{C}$ .

### E.3. PASTA DE PRUEBA

La pasta de cemento se elabora de acuerdo con el siguiente procedimiento:

- E.3.1. Previo a la preparación de la pasta, el recipiente y la paleta, debidamente secos y limpios, se colocan sobre el mezclador mecánico, de tal forma que quede listo para el mezclado.
- E.3.2. Se vierte el agua dentro del recipiente y se agrega el cemento, dejándolo reposar durante 30-s con el fin de que absorba el agua.
- E.3.3. Se pone en marcha el mezclador en velocidad baja durante 30 s, después de los cuales se detiene para reincorporar la pasta adherida a las paredes del recipiente, utilizando la espátula de hule; esta operación debe hacerse en un tiempo máximo de 15 s.
- E.3.4. Para completar el mezclado se vuelve a poner en marcha el mezclador durante 60 s más, pero ahora en velocidad alta. Hecho lo anterior se detiene el aparato y se retira el recipiente con la muestra.
- E.3.5. Con las manos protegidas con los guantes de hule, se forma rápidamente una bola con la pasta de cemento, la cual se lanza de una mano a la otra durante seis ocasiones, procurando que la separación entre éstas sea de aproximadamente 15 cm.
- E.3.6. Manteniendo la bola en la palma de una mano y en la otra el anillo troncocónico del aparato de Vicat, se introduce la pasta por la base mayor de éste hasta llenarlo, retirando el excedente con la mano, aplicando un movimiento perpendicular al eje del anillo.
- E.3.7. Se monta el anillo sobre la placa del aparato de Vicat, colocando su base mayor sobre la superficie de ésta. Mediante un corte oblicuo, aplicado con el filo de la cuchara de albañil que se desliza con una ligera inclinación sobre la base menor del anillo se retira el excedente de pasta que sobresale de la base menor y, de ser necesario, se alisa la superficie de la pasta con el filo de la cuchara, evitando presionar la pasta. El anillo troncocónico montado sobre la base y conteniendo la pasta de cemento es lo que constituye la probeta.

## F. PROCEDIMIENTO DE PRUEBA

Antes de iniciar el procedimiento de prueba, se verifica que el cuarto de curado o cámara húmeda tenga una temperatura de  $23 \pm 2^\circ\text{C}$  y una humedad relativa no menor al 95%, mientras que el

laboratorio presente una temperatura comprendida entre 20 y 27°C y una humedad relativa no menor del 50%, debiéndose comprobar además que la temperatura de los materiales, herramientas y equipos, se encuentre entre 20 y 27°C, y que la del agua de mezclado sea de  $23 \pm 2^\circ\text{C}$ .

- F.1.** La probeta se introduce en el cuarto de curado o cámara húmeda durante 30 min, y después se saca y se instala en el aparato de Vicat.
- F.2.** La aguja de 1 mm de diámetro, acoplada a la barra móvil, se coloca a ras sobre la superficie de la pasta, tomando una primera lectura (lectura inicial) sobre la escala graduada del aparato de Vicat. Se libera la barra con la aguja, aflojando el tornillo de fijación, permitiendo que caiga libremente y penetre en la superficie de la pasta, y después de 30 s se toma una segunda lectura (lectura final); la diferencia entre la primera y la segunda lectura determina la primera penetración; se registra el tiempo transcurrido desde el inicio de la prueba.
- F.3.** Se retira la aguja y se limpia, la probeta se desmonta del aparato y de inmediato se regresa al cuarto de curado o cámara húmeda.
- F.4.** A los 15 min se saca la probeta del cuarto de curado o cámara húmeda y se instala en el aparato de Vicat, efectuando una segunda penetración conforme a lo establecido en la Fracción F.2. de este Manual. Para un cemento de fraguado rápido el lapso de reposo en el cuarto de curado o cámara húmeda será de 10 min.
- F.5.** Repitiendo el procedimiento descrito en las Fracciones F.3. y F.4., se realizan distintas penetraciones hasta obtener una de 25 mm o menor, que determina el tiempo de fraguado inicial. La distancia entre cada penetración, medida sobre la superficie de la probeta, no será menor de 6 mm, y la distancia entre el punto de penetración y la pared interior del anillo no será menor de 9 mm. Para cada una de estas penetraciones, se debe registrar su profundidad y el tiempo transcurrido desde el inicio de la prueba.
- F.6.** Para determinar el tiempo de fraguado final, se continúan las penetraciones mediante el mismo procedimiento, en lapsos de 1 h, hasta que la aguja no deje marca sobre la superficie de la muestra. Durante el tiempo transcurrido entre estas penetraciones, la probeta con la muestra se conserva dentro del cuarto de curado o cámara húmeda como se indica en la Fracción F.3. de este Manual.

## **G. CÁLCULOS Y RESULTADOS**

Se reporta como resultado de esta prueba:

- G.1.** El tiempo de fraguado inicial, en min, calculado como el tiempo que corresponde a una penetración de 25 mm de la aguja. En caso de que ninguna lectura coincida exactamente con esta penetración, se identifican las lecturas inmediatas superior e inferior a la penetración de 25 mm y se interpola entre éstas para determinar el tiempo de fraguado inicial.
- G.2.** El tiempo de fraguado final, en min, calculado como el tiempo necesario para que la aguja no deje marca sobre la superficie de la muestra. En caso de que ninguna lectura coincida exactamente con el tiempo en que la aguja no deje marca sobre la superficie, se identifica la última lectura donde la aguja todavía ocasionó marcas sobre la muestra y la primera lectura donde ya no se presentó marca alguna y se realiza una interpolación entre éstas para determinar el tiempo de fraguado final.

La prueba se realiza por duplicado, considerando que para que los resultados sean válidos:

- En dos pruebas realizadas a una muestra por un mismo operador, el tiempo de fraguado no podrá diferir en más de 34 min para el fraguado inicial y no más de 56 min para el fraguado final.
- En dos pruebas realizadas a una muestra por diferentes laboratorios, el tiempo de fraguado no podrá diferir en más de 45 min para el fraguado inicial y no más de 122 min para el fraguado final.

**H. PRECAUCIONES**

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

- H.1.** Realizar la prueba en un lugar cerrado que permita mantener la temperatura estable y la humedad especificada, con ventilación indirecta, limpio y libre de corrientes de aire que puedan provocar la pérdida de agua de las muestras.
- H.2.** Comprobar que todo el equipo esté perfectamente limpio y funcional; especialmente el recipiente y la paleta del mezclador mecánico deben estar limpios y secos para que al colocar el material, sus partículas no se adhieran a las paredes.
- H.3.** Comprobar que las muestras de prueba estén a la misma temperatura que el cuarto de laboratorio y que la cantidad y temperatura del agua empleada sean las indicadas en este Manual, de lo contrario no deberá realizarse la prueba.
- H.4.** Asegurar que durante la prueba, el aparato de Vicat esté colocado sobre una mesa firme, nivelada y libre de vibraciones, para que el vástago móvil y la aguja de penetración estén perfectamente verticales.
- H.5.** Mantener limpia la aguja y el vástago móvil del aparato de Vicat con el fin de evitar que el cemento se adhiera y ocasione lecturas erróneas, teniendo el debido cuidado de no desbalancear el vástago móvil o desnivelar todo el aparato durante esta operación.
- H.6.** Comprobar que durante la preparación de la muestra, el grado de amasado que se le dé a la pasta de cemento sea el indicado en este Manual.

**I. CONCORDANCIA CON OTRAS NORMAS**

NORMA	DESIGNACIÓN
Industria de la Construcción - Determinación del Tiempo de Fraguado de Cementantes Hidráulicos (Método de Vicat) .....	NMX-C-059-1997-ONNCCE