

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

**PARTE:** **4. MATERIALES PARA PAVIMENTOS**

**TÍTULO:** 02. Cal para Estabilizaciones

**CAPÍTULO:** 003. Características Granulométricas de la Cal

**A. CONTENIDO**

Este Manual describe los procedimientos de prueba para determinar las características granulométricas de la cal viva y de la cal hidratada, a que se refiere la Norma N·CMT·4·03·001, *Cal para Estabilizaciones*, en muestras tomadas conforme al Manual M·MMP·4·02·001, *Muestreo de Cal para Estabilizaciones*.

**B. OBJETIVO DE LA PRUEBA**

Esta prueba permite determinar la granulometría de las partículas de cal que se emplee en estabilizaciones. En el caso de la cal viva, la prueba consiste en el cribado en seco del material haciéndolo pasar a través de un juego de mallas ensambladas de manera descendente de acuerdo con su abertura, para así obtener el porcentaje de material retenido en la malla con abertura de diez y nueve (19) milímetros ( $\frac{3}{4}$  in), respecto de la masa de una porción de prueba. En el caso de la cal hidratada, el procedimiento es similar, salvo que el cribado se realiza mediante el lavado del material, a fin de determinar el porcentaje de partículas retenidas en las mallas respecto de la masa de una porción de prueba.

**C. REFERENCIAS**

Este Manual se complementa con la Norma N·CMT·4·03·001, *Cal para Estabilizaciones* y el Manual M·MMP·4·02·001, *Muestreo de Cal para Estabilizaciones*.

**D. EQUIPO**

El equipo para determinar la característica granulométrica de la cal viva o de la cal hidratada estará en condiciones de operación, calibrado, limpio y completo en todas sus partes y constará de lo siguiente:

**D.1. JUEGO DE MALLAS**

Fabricadas con alambre de bronce o de acero inoxidable de diversos calibres, tejidos en forma de cuadrícula, cuya abertura será la indicada en la Tabla 1 de este Manual. El tejido estará sostenido mediante un bastidor circular metálico, de lámina de bronce o latón, de  $206 \pm 2$  mm de diámetro interior y  $68 \pm 2$  mm de altura, sujetando la malla rígida y firmemente mediante un sistema de engargolado de metales, a una distancia de 50 mm del borde superior del bastidor.

**D.2. TAPA Y CHAROLA DE FONDO PARA LAS MALLAS**

En el caso de la cal viva, tapa circular que se acople perfectamente con la parte superior del bastidor de la malla superior y charola de fondo circular para sujetarse a la parte inferior del bastidor de las mallas, ambas de  $206 \pm 2$  mm de diámetro interior y  $68 \pm 2$  mm de altura.

TABLA 1.- Juegos de mallas para cal viva o cal hidratada

Unidades en mm

Tipo de cal	Malla		Variación permisible de la abertura promedio con respecto a la denominación de la malla	Abertura máxima permisible para no más del 5% de las aberturas de la malla	Abertura máxima individual permisible	Diámetro nominal del alambre <sup>(1)</sup>
	Abertura nominal	Designación				
Viva	25,0	1 in	± 0,8	26,1	26,4	3,80 ± 0,019
	19,0	¾ in	± 0,6	19,9	20,1	3,30 ± 0,017
Hidratada	0,150	N°100	± 0,008	0,174	0,192	0,110 ± 0,011
	0,075	N°200	± 0,005	0,091	0,103	0,053 ± 0,005

**D.3. MÁQUINA AGITADORA PARA LAS MALLAS**

De ser necesaria, para la cal viva, máquina de acción mecánica, activada por un motor eléctrico o manivela de velocidad constante, mediante el cual se transmita un movimiento excéntrico controlado a un plato de soporte, sobre el que se sujeten las mallas en orden descendente con su tapa y charola de fondo. El tiempo de cribado podrá ser controlado de forma manual o mediante un dispositivo de control de tiempo programable instalado en la máquina.

**D.4. CRONÓMETRO O RELOJ**

De ser necesario para la cal viva y si la máquina agitadora para las mallas no cuenta con dispositivo de control de tiempo programable, con aproximación de 1 s.

**D.5. CEPILLO**

Con las dimensiones y cerdas adecuadas para desprender la cal viva que se adhiera a las mallas.

**D.6. TUBO DE GOMA O HULE**

De diámetro adecuado para embonar herméticamente la llave de la salida del agua y con longitud suficiente para realizar el cribado de la cal hidratada a través de las mallas.

**D.7. GUANTES**

De hule o látex para cribar la cal hidratada.

**D.8. PISETA**

De plástico o cualquier otro material, de aproximadamente 250 cm<sup>3</sup> de capacidad, para concluir el cribado de la cal hidratada.

**D.9. RECIPIENTES**

De lámina galvanizada y con las dimensiones suficientes para contener la porción de prueba de la muestra de cal.

**D.10. MARCADOR**

Lavable, que permita escribir de forma temporal sin que la tinta se corra.

**D.11. HORNO**

Eléctrico o de gas, con termostato capaz de mantener una temperatura constante de  $110 \pm 5^\circ\text{C}$ .

**D.12. PINZAS PARA CRISOL**

De acero inoxidable y con las dimensiones suficientes para sostener los recipientes metálicos.

**D.13. DESECADOR**

De vidrio con las dimensiones adecuadas y con cloruro de calcio anhidro como elemento deshidratante para enfriar la cal hidratada.

**D.14. BALANZA**

Con capacidad de 2 kg y aproximación de 0,1 g.

**E. TRABAJOS PREVIOS**

Previo al inicio de la prueba y como parte integral de la misma se efectúan las siguientes actividades:

- E.1** De la muestra de cal viva o de la muestra de cal hidratada, obtenida según se establece en el Manual M-MMP-4-02-001, *Muestreo de Cal para Estabilizaciones*, se toma una porción de aproximadamente 300 g de cal viva o de 100 g de cal hidratada. Dicha porción se deposita en un recipiente cuya masa se obtuvo previamente y se determina la masa del recipiente con la porción de prueba. A la masa así obtenida se le descuenta la masa del recipiente y el resultado se registra como la masa de la porción de prueba  $W_m$ , en g.
- E.2.** Antes de iniciar la prueba es necesario verificar que las mallas estén limpias y secas, con el propósito de garantizar que no existan residuos de otros materiales adheridos a ellas que obstruyan sus aberturas.
- E.3.** Las mallas mencionadas en la Fracción D.1. de este Manual se ensamblan en forma descendente, de acuerdo con su tamaño de abertura y, en el caso de la cal viva, se le coloca la charola de fondo.

**F. PROCEDIMIENTO DE LA PRUEBA****F.1. PRUEBA DE CAL VIVA****F.1.1. Cribado de la cal viva**

La porción de prueba de cal viva se coloca sobre la malla con abertura de 25 mm (1 in), se coloca la tapa y se sigue alguno de los siguientes procedimientos:

**F.1.1.1. Agitación con equipo mecánico**

Cuando se realice la agitación por medios mecánicos, el juego de mallas con la porción de prueba, su tapa y charola de fondo, se coloca y sujeta en la máquina agitadora que se hace funcionar a una velocidad constante durante un tiempo tal que permita al material pasar a través de las mallas sin que se fragmente y hasta que se observe que la masa del material que pasa de una malla a otra es menor de 1 g.

**F.1.1.2. Agitación manual**

Quando el cribado se realice mediante agitación manual, el juego de mallas con la porción de prueba, su tapa y charola de fondo, se toma con ambas manos y se coloca de forma vertical sobre una superficie rígida, a continuación se balancea de un lado a otro, haciendo este movimiento uniforme de tal modo que la agitación sea continua. El tiempo de agitación será tal que permita al material pasar a través de las mallas sin que se fragmente y hasta que se observe que la masa del material que pasa las mallas es menor de 1 g.

**F.1.2. Masa del material retenido en las mallas**

**F.1.2.1.** Se vierte al plato de la balanza el material retenido en la malla con abertura de 19 mm ( $\frac{3}{4}$  in) y, en su caso, el retenido en la malla de 25 mm (1 in), considerando que las partículas que pudieron quedar atoradas en esas mallas forman parte del material retenido, por lo que dichas partículas se recuperarán en el plato al cepillar las mallas por el revés.

**F.1.2.2.** Se determina la masa del material retenido y se registra como la masa del material retenido  $W_{3/4}$ , en g, con aproximación de 0,1 g.

**F.1.3. Cálculos y resultados**

Se calcula y reporta como resultado de la prueba, el porcentaje de material retenido en la malla con abertura de 19 mm ( $\frac{3}{4}$  in) respecto a la masa de la porción de prueba, utilizando la siguiente expresión:

$$R_{3/4} = \frac{W_{3/4}}{W_m} \times 100$$

Donde:

$R_{3/4}$  = Material retenido en la malla con abertura de 19 mm ( $\frac{3}{4}$  in) respecto a la masa de la porción de prueba, (%)

$W_{3/4}$  = Masa del material retenido en la malla con abertura de 19 mm ( $\frac{3}{4}$  in), incluyendo en su caso el material retenido en la malla con abertura de 25 mm (1 in), (g)

$W_m$  = Masa de la porción de prueba, (g)

**F.2. PRUEBA DE CAL HIDRATADA****F.2.1. Preparación del equipo**

**F.2.1.1.** Se coloca el tubo de goma o hule en la llave de la salida del agua cuidando que quede correctamente ajustado a fin de lograr una presión de agua moderada.

**F.2.1.2.** En la piseta se vierten al menos 250 cm<sup>3</sup> de agua potable que se utilizarán posteriormente para concluir el cribado del material retenido en cada malla.

**F.2.2. Cribado de la cal hidratada**

La porción de prueba de cal hidratada se deposita sobre la malla N°100, a la cual se le aplica un lavado con agua para su cribado. Durante el lavado, el juego de mallas se coloca a una altura tal respecto del extremo final del tubo de goma o hule que evite salpicaduras o pérdidas de material, procediendo como sigue:

- F.2.2.1.** Se comienza el lavado de la muestra a través de las mallas aplicando con el tubo de goma un chorro de agua con baja presión sobre el contenido de la malla superior y cuidadosamente con las manos protegidas por guantes, se remueve continuamente el material de un lado a otro, procurando que éste quede en el centro de la malla y evitando que las aberturas de la malla queden obstruidas por las partículas del material. En todo momento se verifica que el flujo del agua no sature las mallas a fin de evitar que el material se desborde y se escurra por fuera de dicha malla.
- F.2.2.2.** Se continúa con el lavado hasta que se observe que el material contenido en la malla N°100 ya no pasa a la malla N°200 o cuando el agua que pasa a través de la malla N°100 salga limpia.
- F.2.2.3.** Se suspende el flujo de agua y del juego de mallas se separa cuidadosamente la malla N°100. Posteriormente con ayuda de la piseta se agrega agua en pequeñas porciones con el fin de remover el material retenido en la malla, el cual se coloca en uno de los recipientes. Utilizando caracteres legibles escritos directamente sobre el recipiente con ayuda del marcador, se escribe “ $R_i$ ” que identificará al material retenido de cada malla, donde el subíndice  $i$  corresponde a la designación de la malla en cuestión.
- F.2.2.4.** Se continúa el procedimiento de lavado para el material contenido en la malla N°200 hasta que el agua que pase a través de la malla salga limpia y se procede a remover el material retenido en la malla de acuerdo con lo indicado en el Párrafo anterior.

### **F.2.3. Masa del material retenido en las mallas**

- F.2.3.1.** A los recipientes vacíos que se utilicen para contener el material retenido en cada malla se les determina previamente su masa. Una vez que el material retenido en ambas mallas esté contenido en su respectivo recipiente, éstos se colocan en el horno a una temperatura de  $110 \pm 5^\circ\text{C}$  el tiempo suficiente hasta que el agua que contengan se evapore. Posteriormente, considerando que los recipientes pueden estar muy calientes, mediante el uso de las pinzas para crisol, se colocan en el desecador hasta que tengan una temperatura tal que permita su manipulación para determinar su masa y el exceso de humedad se haya eliminado.
- F.2.3.2.** Se determina la masa del material retenido contenido en cada recipiente y se le descuenta la masa del recipiente previamente determinada; el resultado se registra como la masa del material retenido en cada malla como  $W_i$ , en g, donde el subíndice  $i$  corresponde a la designación de la malla respectiva.

### **F.2.4. Cálculos y resultados**

Se calcula y reporta como resultado de la prueba, los porcentajes de partículas retenidas en cada malla respecto a la masa de la porción de prueba, determinados mediante la siguiente expresión:

$$R_i = \frac{W_i}{W_m} \times 100$$

Donde:

$R_i$  = Partículas retenidas en la malla  $i$  respecto a la masa de la porción de prueba, (%), donde el subíndice  $i$  corresponde a la designación de la malla respectiva como se indica en la Tabla 1 de este Manual.

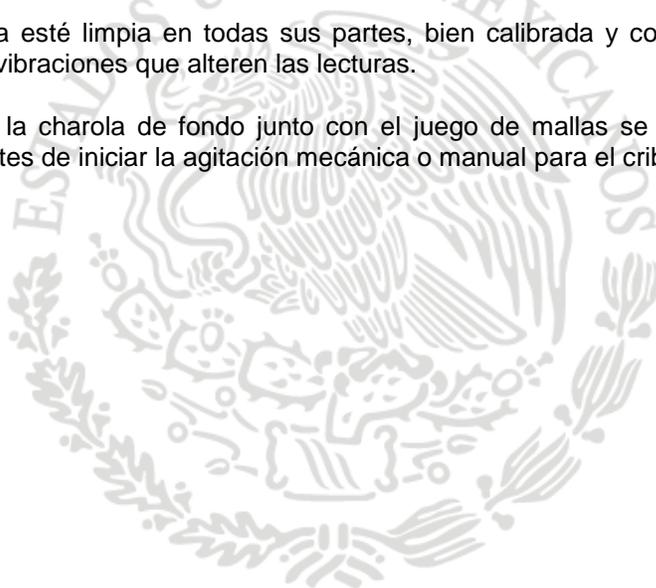
$W_i$  = Masa de las partículas retenidas en la malla  $i$ , (g)

$W_m$  = Masa de la porción de prueba, (g)

## G. PRECAUCIONES PARA EVITAR ERRORES

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

- G.1.** Que todo el equipo esté perfectamente limpio, para que al realizar la prueba los materiales no se mezclen con agentes extraños que alteren el resultado.
- G.2.** Que la balanza esté limpia en todas sus partes, bien calibrada y colocada en una superficie horizontal, sin vibraciones que alteren las lecturas.
- G.3.** Que la tapa y la charola de fondo junto con el juego de mallas se encuentren debidamente aseguradas antes de iniciar la agitación mecánica o manual para el cribado de la cal viva.



SCT

SECRETARÍA DE  
COMUNICACIONES  
Y TRANSPORTES

# SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES



**SUBSECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA**  
DIRECCIÓN GENERAL DE SERVICIOS TÉCNICOS  
AV. COYOACÁN 1895  
COL. ACACIAS  
CIUDAD DE MÉXICO, 03240  
[WWW.GOB.MX/SCT](http://WWW.GOB.MX/SCT)

**INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE**  
NUEVA YORK 115, 4o PISO  
COL. NÁPOLES  
CIUDAD DE MÉXICO, 03810  
[WWW.IMT.MX](http://WWW.IMT.MX)  
[NORMAS@IMT.MX](mailto:NORMAS@IMT.MX)