

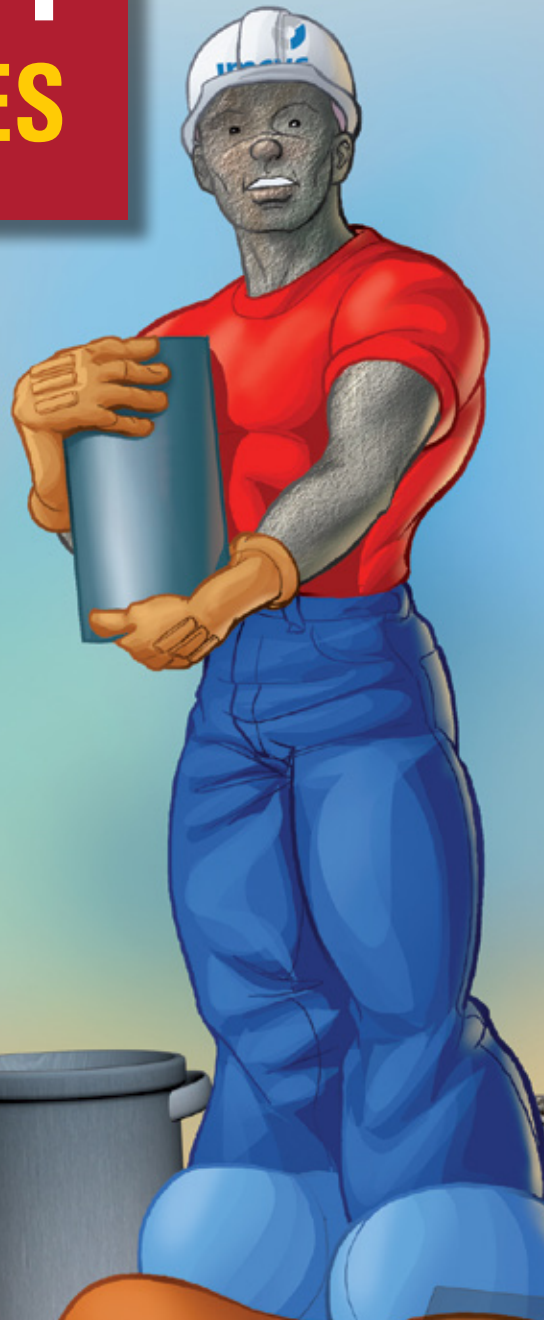
PROBLEMAS, CAUSAS Y SOLUCIONES

Agosto ■ 2010



imcyc

EDITADO POR EL INSTITUTO
MEXICANO DEL CEMENTO Y
DEL CONCRETO, A.C.



**Masa
volumétrica.**
Método
de prueba

®



Ilustraciones: Felipe Hernández

36

S E C C I Ó N
COLECCIONABLE

Masa volumétrica. Método de prueba

En este resumen se presenta la Norma Mexicana NMX-C-073-0NNCCE-2004. Industria de la construcción. Agregados. Masa volumétrica. Método de prueba. Usted puede usarlo para familiarizarse con los procedimientos básicos de la Norma. Sin embargo, este resumen no tiene la intención de reemplazar los estudios completos que usted haga de la Norma. Esta Norma mexicana establece el método de prueba para la determinación de la masa volumétrica de los agregados finos y gruesos o de una combinación de ambos y es aplicable a agregados cuyo tamaño máximo nominal no excedan de 150 mm.

Masa seca: El agregado es considerado seco cuando se ha mantenido a una temperatura de $383\text{ K} \pm 5\text{ K}$ ($110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$) durante el tiempo necesario para lograr masa constante. Asimismo, el

material es considerado seco cuando la diferencia entre dos pesadas sucesivas es igual o menor que 0,1 % de la masa de material.

Masa volumétrica: Es la masa del material por unidad de volumen, siendo el volumen el ocupado por el material en un recipiente especificado.

Equipo, aparatos e instrumentos

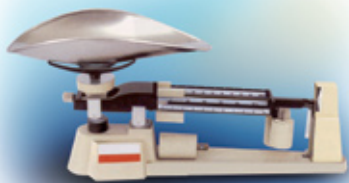
Balanza o báscula: Dispositivo sensible para determinar la masa de la muestra con una precisión igual o mayor a 0.1 % de la masa por utilizar.

Horno o fuente indirecta de calor: Es necesario un horno con termostato ajustable para mantener la temperatura en $383\text{ K} \pm 5\text{ K}$ ($110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$), o una plancha eléctrica o de gas que permita el secado del material sin calcinarlo.

Placa de vidrio: Ésta debe ser cuadrada de 6 mm de espesor y de cuando menos 25 mm mayor con respecto al diámetro del recipiente que se vaya a emplear.

Varilla: Debe ser de acero; de sección circular de $16.0\text{ mm} \pm 1,5\text{ mm}$; recta y lisa de $600\text{ mm} \pm 30.0\text{ mm}$ de longitud, cuando menos con uno de los extremos semiesféricos del mismo diámetro.

Recipiente: Debe emplearse un recipiente cilíndrico de metal inoxidable, estanco y suficientemente rígido, para conservar su forma y volumen calibrado bajo uso rudo. Debe ser maquinado de forma tal, que conserve medidas precisas en su parte interior y de preferencia provisto de dos manijas. El borde superior del recipiente debe ser plano, con una tolerancia de 0.25 mm; se considera plano al no poder insertar un calibrador de 0.25 mm entre el borde y una placa de vidrio de por lo menos 6 mm de espesor, colocada encima de dicho borde. Su capacidad y especificaciones deben estar de acuerdo con la tabla 1. La capacidad calibrada del recipiente puede tener una tolerancia de $\pm 10\%$ respecto a la capacidad indicada en la Tabla 1. Cabe decir que la relación entre el diámetro y la altura interior debe estar dentro de 0,8 y 1,2.



Los recipientes de 14 dm³ y 28 dm³ (decímetros cúbicos) deben estar reforzados en el borde superior con una cinta de acero no menor de 5 mm de grueso y 38 mm de ancho.

Enrasador (Regla metálica): Debe ser una placa rectangular lisa y rígida, de 3 mm de espesor mínimo, 50 mm de ancho mínimo y una longitud mínima de 100 mm, mayor al diámetro del recipiente que se va a emplear.

Equipo de uso general: Se necesitarán una pala cuadrada, así como un cucharón metálico de un litro de capacidad mínima.

Preparación y acondicionamiento de la muestra

Se toma una muestra de agregado de acuerdo con el método de muestreo descrito en la NMX-C-030-0NNCCE, y se reduce a un volumen de aproximadamente 1,5 veces la capacidad del recipiente que se va a emplear, de acuerdo con la NMX-C-170 ONNCCE.

La muestra de agregados debe secarse hasta masa constante en el horno a 383 K ± 5 K (110 °C ± 5 °C) para lo cual la muestra del material que se va a secar se introduce en el horno y periódicamente se seca, se deja enfriar y se pesa. El material se considera seco cuando la diferencia entre dos pesadas sucesivas es igual o menor que 0,1 % de la masa del material.

Condiciones ambientales

El sitio donde se efectúen las pruebas no debe estar expuesto al sol, ni a corrientes de aire. Durante la ejecución de las pruebas las condiciones ambientales del lugar deben ser estables.

Procedimiento

Calibración del recipiente

Se debe colocar el recipiente con la placa de vidrio en la báscula y determinar su masa en kilogramos (kg), con la aproximación que da la precisión de la misma. Engrasar el borde del recipiente para evitar escurrimiento de agua. Llenar el

Tabla 1: Dimensiones de los recipientes.

Capacidad dm ³ (L)	Espesor mínimo (mm)		Tamaño máximo nominal del agregado (mm)
	Fondo	Pared	
5	5.0	2,5	13
10	5.0	2.5	25
14	5,0	3,0	40
28	5.0	3,0	100

recipiente con agua limpia a la temperatura ambiente y cubrir con la placa de vidrio engrasado el borde del recipiente, de afuera hacia adentro, de tal modo que se elimine el exceso de agua y se seca el exterior del recipiente, si aparecen burbujas de aire, debe repetirse el procedimiento. Posteriormente, se determina la masa neta del agua con la aproximación que da la precisión de la báscula. También, se mide la temperatura del agua y en función de ella, se obtiene la masa unitaria del agua en kilogramos por metro cúbico (kg/m³) de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$F = MU/MA.$$

F Es el factor en un metro cúbico (1/m³).

MU Es la masa unitaria del agua que se obtiene de la tabla 2, en kg/m³.

MA Es la masa del agua requerida para llenar el recipiente, en kg.

En la pared exterior del recipiente se pueden anotar con tinta indeleble, el factor y la masa del mismo. El recipiente debe ser calibrado por lo menos una vez al año o cuando se dude de su exactitud.



Tabla 1: Masa unitaria del agua a varias temperaturas.

K	°C	MU (kg/m ³)
273 – 285	0-12	1 000,00
288	15	999,10
291	18	998,58
294	21	997,95
296	23	997,50
297	24	997,30
300	27	996,52
302	29	995,97
303	30	995,75

Determinación de la masa volumétrica compactada

Procedimiento de compactación con varilla

Aplicable a agregados que tengan un tamaño máximo nominal de 40 mm o menor. El recipiente se llena hasta la tercera parte de su volumen y la superficie se nivela con los dedos. El material se compacta con la varilla, dándole 25 penetraciones, distribuidas uniformemente sobre la superficie, con una fuerza tal que no triture las partículas del agregado. A continuación, se agrega material hasta las dos terceras partes de su volumen y nuevamente se compacta con 25 penetraciones. El recipiente se llena totalmente hasta que el material sobrepase el borde superior, y se vuelve a compactar con 25 penetraciones.

El enrase cuando se trata de agregado fino, se hace con el enrazador, mediante operaciones de corte horizontal. Cuando se trata del agregado grueso, se hace visualmente, quitando y poniendo partículas, de tal manera que los salientes sobre la superficie del borde compensen las depresiones por debajo de él.

Se determina la masa total del recipiente con el material. Se calcula la masa neta del material en el recipiente. La masa volumétrica del agregado, se obtiene multiplicando la masa neta del agregado en kg, por el factor determinado en la sección "Calibración del recipiente".

Procedimiento de compactación con impactos

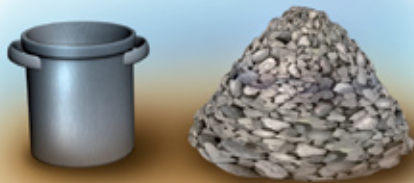
Aplicable a los agregados que tengan un tamaño máximo nominal mayor de 40 mm y hasta 100 mm. Así, el recipiente debe llenarse en tres capas aproximadamente iguales, según lo descrito en "Procedimiento de compactación con varilla". Cada una de estas capas se compacta, colocando el recipiente sobre una base firme, tal como un piso de concreto pulido, levantando y dejando caer alternativamente dos lados diametralmente opuestos del recipiente, a una altura de 50 mm sobre el piso, de tal manera que golpee sobre este firmemente. Mediante este procedimiento, las partículas del agregado se acomodan por sí mismas hasta alcanzar una condición compacta.

Cada una de las capas se compacta, dejando caer el recipiente 50 veces, alternando los golpes de cada lado. La superficie del agregado se nivela después con los dedos, de tal manera que las aristas de las partículas mayores del agregado grueso que sobresalgan del nivel de la parte superior del recipiente, compensen las depresiones situadas por debajo de él.

Se determina la masa total del recipiente con el material. Se calcula la masa neta del material en el recipiente. La masa volumétrica del agregado, se obtiene multiplicando la masa neta del agregado en kg, por el factor determinado en "Calibración del recipiente".

Determinación de la masa volumétrica suelta

Aplicable a los agregados que tengan un tamaño máximo nominal de 100 mm o menor. El recipiente se llena hasta que el material sobrepase el borde sin derramarse, por medio de una pala a cucharón, dejando caer el agregado de una altura no mayor de 50 mm sobre el borde del recipiente distribuyéndolo uniformemente, para evitar la segregación. El enrase se hace de la misma forma que indico en "Compactación con varilla o con impactos". Se calcula la masa neta del agregado en kg, contenida en el recipiente. La masa volumétrica del



agregado se obtiene multiplicando la masa neta del agregado en kg, por el factor determinado en "Calibración del recipiente". La masa volumétrica obtenida en kg/m³ determinada por estos métodos de prueba, es para agregados secos.

Pruebas rápidas

Cuando los datos obtenidos en estas pruebas son utilizados únicamente en el diseño y control de las mezclas de concreto, se pueden emplear los métodos indicados en "Secado del material"

Secado del material

Se pone el material en una charola o sartén que se coloca sobre una fuente de calor; el estado seco se detecta mediante un vidrio que se pone sobre el material. Si aun tiene humedad, el vidrio se empaña; cuando el material está seco, esto no sucede. Para evitar el secado inicial del material, si este se encuentra superficialmente seco, puede determinarse la masa volumétrica como se indica en "Determinación de la masa volumétrica compactada o seca" sin el secado previo, y se corrige el valor obtenido por la humedad determinada en la siguiente forma: Se toma una muestra del material aproximadamente de un 5% del material utilizado en la masa volumétrica; se pesa y se seca por el procedimiento indicado en "Preparación y acondicionamiento de la muestra", y la humedad se determina mediante la siguiente fórmula:

$$H = (M_h - M_s) / M_s$$

Donde:

H Es la humedad de la muestra.

M_h Es la masa de la muestra húmeda.

M_s Es la masa de la muestra seca.

La corrección de la masa volumétrica por humedad se determina como sigue:

$$MV = mv / (1 + H)$$

Donde:

MV Es la masa volumétrica corregida.

mv Es la masa volumétrica obtenida por el procedimiento indicado en "Determinación de la masa volumétrica compactada o suelta".

H Es el valor de la humedad obtenida en *Secado del material*.

Cálculos y expresión de los resultados

Las masas volumétricas se reportan en kg/m³, con aproximación a la unidad. El informe de resultados de la masa volumétrica debe incluir lo siguiente: Masa volumétrica por varillado, o Masa volumétrica por impactos, o Masa volumétrica suelta.

Bibliografía

NMX-C-030-0NNCCE. Industria de la construcción. Agregados. Muestreo.

NMX-C-070 Industria de la construcción. Agregados. Reducción de las muestras de agregados obtenidas en el campo, al tamaño requerido para las pruebas.

NMX-C-111-0NNCCE. Industria de la construcción. Concreto. Agregados. Especificaciones.

NMX-C-166. Industria de la construcción. Agregados. Contenido total de humedad por secado por Método de prueba.

NMX-B-231 Industria siderúrgica. Cribas para la clasificación de materiales granulares. Especificaciones.

NOM-008-SCFI-1993. Sistema general de unidades de medida.

NMX-C-251-0NNCCE. Industria de la construcción. Concreto. Terminología.

ASTM C-29-91 a Standard method for test for unitweight of aggregate. c

Nota: Tomado de la Norma Mexicana NMX-C-073-0NNCCE-2004. "Industria de la construcción. Agregados. Masa volumétrica. Método de prueba", con fines de promover la capacitación y el buen uso del cemento y del concreto. Usted puede obtener ésta norma y las relacionadas a agua, aditivos, agregados, cementos, concretos y acero de refuerzo en normas@mail.onncce.org.mx o al teléfono 5663 2950, México, DF.

