

Esta norma internacional se desarrolló de acuerdo con los principios de estandarización internacionalmente reconocidos establecidos en la Decisión sobre Principios para el Desarrollo de Normas, Guías y Recomendaciones Internacionales emitida por el Comité de Obstáculos Técnicos al Comercio (OTC) de la Organización Mundial del Comercio.



Designación: C29/C29M – 17a

Práctica estándar para

Densidad aparente ("peso unitario") y vacíos en el agregado¹

Esta norma se emite bajo la designación fija C29 / C29M; el número que sigue inmediatamente a la designación indica el año de adopción original o, en el caso de la revisión, el año de la última revisión. Un número entre paréntesis indica el año de la última aprobación. Un superíndice epsilon (ε) indica un cambio editorial desde la última revisión o nueva aprobación.

Esta norma ha sido aprobada para su uso por agencias del Departamento de Defensa de los EE. UU.

1 Alcance*

1.1 Este método de prueba cubre la determinación de la densidad aparente ("peso unitario") de agregado en una condición compactada o suelta, y vacíos calculados entre partículas en agregados finos, gruesos o mixtos basados en la misma determinación. Este método de prueba es aplicable a agregados que no excedan los 125 mm [5 pulg.] De tamaño máximo nominal.

NOTA 1: El peso unitario es la terminología tradicional utilizada para describir la propiedad determinada por este método de prueba, que es el peso por unidad de volumen (más correctamente, masa por unidad de volumen o densidad).

1.2 Los valores establecidos en unidades SI o en unidades de pulgada-libra deben considerarse por separado como estándar, según corresponda para una especificación con la que se utiliza este método de prueba. Una excepción es con respecto a los tamaños de tamiz y el tamaño nominal del agregado, en el que los valores SI son el estándar como se indica en la Especificación E11. Dentro del texto, las unidades de pulgada-libra se muestran entre paréntesis. Los valores establecidos en cada sistema pueden no ser equivalentes exactos; por lo tanto, cada sistema se usará independientemente del otro. La combinación de valores de los dos sistemas puede resultar en una no conformidad con el estándar.

1.3 Esta norma no pretende abordar todas las preocupaciones de seguridad, si las hay, asociadas con su uso. Es responsabilidad del usuario de este estándar establecer prácticas apropiadas de seguridad y salud y

determinar la aplicabilidad de las limitaciones regulatorias antes de su uso.

1.4 Esta norma internacional fue desarrollada de acuerdo con principios internacionalmente reconocidos sobre estandarización establecidos en la Decisión sobre Principios para el Desarrollo de Normas, Guías y Recomendaciones Internacionales emitidas por el Comité de Obstáculos Técnicos al Comercio (OTC) de la Organización Mundial del Comercio.

2. Documentos de referencia

2.1 Normas ASTM: 2

C125 Terminología relacionada con el hormigón y los agregados de hormigón

C127 Método de prueba de para densidad relativa (gravedad específica) y absorción de agregado grueso

C128 Método de prueba para densidad relativa (gravedad específica) y absorción de agregado fino

C670 Práctica para preparar declaraciones de precisión y sesgo para métodos de prueba para materiales de construcción

C702 / C702M Práctica para reducir muestras de agregado al tamaño de prueba

C1077 Práctica para agencias que prueban concreto y agregados de concreto para su uso en construcción y criterios para evaluación de agencias de evaluación

D75 / D75M Práctica para el muestreo de agregados



E11 Especificación para tela de tamiz de prueba de alambre tejido y tamices de prueba

2.2 Norma AASHTO:

T19 / T19M Método de prueba para peso unitario y vacíos en el agregado

3. Terminología

3.1 Definiciones: Los términos utilizados en este método de prueba se definen en Terminología C125.

3.2 Definiciones de términos específicos de esta norma:

3.2.1 huecos, n: en unidades de volumen de agregado, el espacio entre partículas en una masa de agregado no ocupada por materia mineral sólida.

3.2.1.1 Discusión: Los huecos dentro de las partículas, ya sean permeables o impermeables, no se incluyen en los huecos según lo determinado

por este método de prueba.

4. Significado y uso

4.1 Este método de prueba se usa a menudo para determinar la densidad aparente valores necesarios para muchos métodos de selección proporciones para mezclas de hormigón.

4.2 La densidad aparente también puede usarse para determinar relaciones masa / volumen para conversiones en acuerdos de compra. Sin embargo, la relación entre el grado de compactación de los agregados en una unidad de transporte o arsenal y que

logrado en este método de prueba es desconocido. Además, los agregados en las unidades de transporte y las existencias generalmente contienen material absorbido y humedad de la superficie (la última afecta el volumen), mientras que esta prueba

El método determina la densidad aparente en seco.

4.3 Se incluye un procedimiento para calcular el porcentaje de vacíos entre las partículas agregadas en función de la densidad aparente determinado por este método de prueba.

5. Aparato

5.1 Balanza: una balanza o escala con una precisión de 0.05 kg [0.1 lb] o de 0.1% de la carga de prueba, lo que sea mayor, en cualquier punto dentro del rango de uso. Se considerará que el rango de uso se extiende desde la masa

de la medida vacía hasta la masa de la medida más su contenido a 1920 kg / m³ [120 lb / ft³].

5.2 Barra de apisonamiento: una barra redonda de acero liso con un diámetro de 16 ± 2 mm [$5/8 \pm 1/16$ in.]. La longitud de la varilla de apisonamiento debe ser al menos 100 mm [4 pulg.] Mayor que la profundidad de la medida o molde en el que se realiza el varillaje, pero no mayor de 750 mm [30 pulg.] De longitud total (ver Nota 2) La varilla tendrá el extremo de apisonamiento, o ambos extremos, redondeados a una punta hemisférica del mismo diámetro que la varilla. La varilla debe ser recta sobre su longitud hasta una tolerancia de 0.5% de su longitud.

5.3 Medida: un recipiente cilíndrico hecho de acero u otro metal adecuado que cumple con los requisitos de esta sección, preferiblemente provisto de asas. La medida deberá ser hermética y lo suficientemente rígida como para mantener su forma bajo uso rudo. La medida tendrá una altura de al menos 80% y no más de 150% del diámetro. La capacidad de la medida se ajustará a los límites de la Tabla 1 para el tamaño agregado que se probará. El grosor del metal en la medida será como se describe en la Tabla 2. El borde superior será liso y plano

| Tamaño máximo nominal del agregado | | Capacidad de medida A | |
|------------------------------------|-------|-----------------------|-----------------|
| mm | in. | m ³ [L] | ft ³ |
| 12.5 | 1/2 | 0.0028[2.8] | 1/10 |
| 25 | 1 | 0.0093 [9.3] | 1/3 |
| 37.5 | 1 1/2 | 0.014 [14] | 1/2 |
| 75 | 3 | 0.028 [28] | 1 |
| 100 | 4 | 0.070 [70] | 2 1/2 |
| 125 | 5 | 0.100 [100] | 3 1/2 |

TABLA 1 Capacidad de medidas

A El tamaño de medida indicado se utilizará para analizar agregados de un tamaño máximo nominal igual o menor que el listado. El volumen real de la medida será al menos el 95% del volumen nominal listado.



TABLA 2 Requisitos para medidas

| UNIDADES | Capacidad de medida | Espesor de Metal, min | | |
|---------------|--|-----------------------|---------------------------------|-------------------|
| | | Fondo | Superior o 1/2 pulg. De pared A | Resto de la pared |
| SI | Menos de 11 L | 5.0 mm | 2.5 mm | 2.5 mm |
| | 11 a 42 L, incl. | 5.0 mm | 5.0 mm | 3.0 mm |
| | más de 42 a 80 L, incl. | 10.0 mm | 6.4 mm | 3.8 mm |
| | De más de 80 a 133 L, incl. | 13.0 mm | 7.6 mm | 5.0 mm |
| Libra-pulgada | Menos de 0.4 pies ³ | 0.20 in. | 0.10 in. | 0.10 in. |
| | 0.4 a 1.5 pies ³ , incl. | 0.20 in. | 0.20 in. | 0.12 in. |
| | más de 1.5 a 2.8 ft ³ , incl. | 0.40 in. | 0.25 in. | 0.15 in. |
| | más de 2.8 a 4.0 pies ³ , incl. | 0.50 in. | 0.30 in. | 0.20 in. |

A El espesor agregado en la parte superior de la pared se puede obtener colocando una banda de refuerzo alrededor de la parte superior de la medida.

dentro de 0.3 mm [0.01 pulg.] y debe ser paralelo al fondo dentro de 0.5 ° (ver Nota 2). La pared interior de la medida deberá ser una superficie lisa y continua.

NOTA 2: la llanta superior está satisfactoriamente plana si no se puede insertar un calibrador de espesores de 0,3 mm [0,01 pulg.] Entre la llanta y una pieza de vidrio de 6 mm [1/4 pulg.] O placa más gruesa colocada sobre el medida. La parte superior e inferior son satisfactoriamente paralelas si la pendiente entre las piezas de vidrio plano en contacto con la parte superior e inferior no supera el 0,87% en ninguna dirección.

5.3.1 Las medidas superiores a la capacidad nominal de 28 L [1 ft³] deben estar hechas de acero.

5.4 Pala o cuchara: una pala o cuchara de tamaño conveniente para llenar la medida con agregado.

5.5 Equipo para medir el volumen de medida:

5.5.1 Vidrio plano: un pedazo de vidrio plano, de al menos 6 mm [1/4 in.] De espesor y al menos 25 mm [1 in.] Más grande que el diámetro de la medida a calibrar.

5.5.2 Grasa: un suministro de bomba de agua, chasis o grasa similar.

5.5.3 Termómetro: un termómetro que tiene un rango de al menos 10 a 32 ° C [50 a 90 ° F] y que es legible a al menos 0.5 ° C [1 ° F].

5.5.4 Saldo: un saldo como se describe en 5.1.

6. Muestreo

6.1 Obtenga la muestra de acuerdo con la práctica D75 / D75M y reduzca al tamaño de la muestra de prueba de acuerdo con la práctica C702 / C702M.

7. Muestra de prueba

7.1 El tamaño de la muestra de prueba debe estar entre 125 y 200% de la cantidad requerida para llenar la medida, y debe manejarse de manera que se evite la segregación.

7.2 Seque la muestra agregada a masa constante en un horno a 110 ± 5 ° C [230 ± 10 ° F]. Se considera que la muestra tiene una masa constante cuando la diferencia de masa entre dos pesadas consecutivas tomadas con una hora de diferencia es inferior al 0.1% del último peso.

NOTA 3: A veces se eligen medios alternativos de secado para determinaciones rápidas donde se desean resultados rápidos o si no hay un horno disponible. Los métodos de secado alternativos no deberían causar la fractura de partículas o la descomposición química del agregado. El uso de métodos de secado alternativos no se ajusta a este método de prueba.

8. Determinación del volumen de medida

8.1 Determine el volumen de la medida en el uso inicial y posteriormente a una frecuencia que no exceda los doce meses, o siempre que haya razones para cuestionar la precisión de la capacidad volumétrica de la medida. Si es necesario, conserve un registro de determinación de volumen de acuerdo con la práctica C1077.

8.2 Determine la masa de la placa de vidrio y mida los 0.05 kg [0.1 lb] más cercanos.

8.3 Coloque una capa delgada de grasa en el borde de la medida para evitar fugas de agua de la medida.

8.4 Llene la medida con agua que esté a temperatura ambiente y cubra con el plato de vidrio de tal forma que elimine las burbujas y el exceso de agua. Elimine el agua



que pueda haberse desbordado sobre la medida o el vidrio de la placa.

8.5 Determine la masa del agua, el vidrio plano y mida al 0.05 kg [0.1 lb] más cercano.

8.6 Mida la temperatura del agua al más cercano 0.5 ° C [1 ° F] y determine su densidad a partir de la Tabla 3, interpolando si es necesario.

TABLA 3 Densidad del agua

| Temperatura | | | |
|-------------|------|-------------------|--------------------|
| °C | °F | kg/m ³ | lb/ft ³ |
| 15.6 | 60 | 999.0 | 62.36 |
| | | 1 | 6 |
| 18.3 | 65 | 998.5 | 62.33 |
| | | 4 | 6 |
| 21.1 | 70 | 997.9 | 62.30 |
| | | 7 | 1 |
| 23 | 73.4 | 997.5 | 62.27 |
| | | 4 | 4 |
| 23.9 | 75 | 997.3 | 62.26 |
| | | 2 | 1 |
| 26.7 | 80 | 996.5 | 62.21 |
| | | 9 | 6 |
| 29.4 | 85 | 995.8 | 62.16 |
| | | 3 | 6 |

8.7 Calcule el volumen, V, de la medida. Alternativamente, calcule el factor, F, para la medida.

NOTA 4: Para el cálculo de la densidad aparente, el volumen de la medida en unidades SI debe expresarse en metros cúbicos, o el factor como 1 / m³. Sin embargo, por conveniencia, el tamaño de la medida puede expresarse en litros.

9. Procedimiento

9.1 Determine y registre la masa de la medida vacía al 0.05 kg [0.1 lb] más cercano.

9.2 Para determinar la densidad aparente compactada de los agregados que tienen un tamaño máximo nominal de 37.5 mm [1 1/2 pulg.] O menos, consolide la muestra en la medida usando el Método A — Rodding; utilice el Método B: Jigging para agregados que tengan un tamaño máximo nominal mayor que 37.5 mm [1 1/2 in.] y que no exceda 125 mm [5 in.]. Para determinar la densidad aparente suelta del agregado, cuando se estipule, llene la medida con el Método C: Palear.

9.2.1 Método A — Rodding:

9.2.1.1 Llene la medida un tercio por completo y nivele la superficie con los dedos. Varilla la capa de agregado con 25 golpes de la varilla de apisonamiento distribuidos uniformemente sobre la superficie. Llene la medida dos tercios por completo y nuevamente nivele y barra como se indica arriba. Finalmente, llene la medida hasta rebosar y barra nuevamente de la manera mencionada anteriormente. Nivele la superficie del agregado puerta con los dedos o una regla de tal manera que cualquier ligera proyección de las piezas más grandes del agregado grueso equilibre aproximadamente los vacíos más grandes en la superficie debajo de la parte superior de la medida.

9.2.1.2 Al poner en barra la primera capa, no permita que la barra golpee el fondo de la medida por la fuerza. Al colocar la varilla en la segunda y tercera capas, use un esfuerzo vigoroso, pero no más fuerza que para hacer que la varilla de apisonamiento penetre en la capa anterior de agregado.

NOTA 5: Al colocar en varillas los tamaños más grandes de agregado grueso, puede que no sea posible penetrar la capa que se está consolidando, especialmente con agregados angulares. La intención del procedimiento se logrará si se utiliza un esfuerzo vigoroso.

9.2.2 Método B — Jigging:

9.2.2.1 Rellene la medida en tres capas aproximadamente iguales como se describe en 9.2.1.1, compactando cada capa colocando la medida sobre una base firme, como un piso de cemento y concreto, elevando los lados opuestos alternativamente unos 50 mm [2 pulg.], y permitir que la medida caiga de tal manera que golpee con un golpe fuerte y abofeteante. Las partículas agregadas, mediante este procedimiento, se organizarán en una condición densamente compactada. Compacte cada capa dejando caer la medida 50 veces de la manera descrita, 25 veces en cada lado. Nivele la superficie del agregado con los dedos o una regla de tal manera que cualquier ligera proyección de las piezas más grandes del agregado grueso equilibre aproximadamente los vacíos más grandes en la superficie debajo de la parte superior de la medida.

9.2.3 Método C: palear:

9.2.3.1 Llene la medida hasta que se desborde por medio de una pala o pala, descargando el agregado desde una altura que no exceda los 50 mm [2 pulg.] Por encima de la parte superior de la medida. Tenga cuidado para evitar, en la medida de lo posible, la segregación de los tamaños de partículas de los que se compone la muestra. Nivele la superficie del agregado con los dedos o una regla de tal manera que cualquier ligera proyección de las piezas más



grandes del agregado grueso equilibre aproximadamente los vacíos más grandes en la superficie debajo de la parte superior de la medida.

9.3 Determine y registre la masa de la medida más su contenido al 0.05 kg [0.1 lb] más cercano.

10. Cálculo

10.1 Densidad aparente: calcule la densidad aparente de la siguiente manera:

$$M = (G - T) / V \quad (1)$$

O

$$M = (G - T) \times F \quad (2)$$

Donde:

M = densidad aparente del agregado, kg / m³ [lb/ft³],

G = masa del agregado más la medida, kg [lb],

T = masa de la medida, kg [lb],

V = volumen de la medida, m³ [ft³], y

F = factor para la medida, m⁻³ [ft⁻³].

10.1.1 La densidad aparente determinada por este método de prueba es para el agregado en condiciones de secado en horno. Si se desea la densidad aparente en términos de condición de superficie saturada seca (SSD), utilice el procedimiento exacto en este método de prueba y luego calcule la densidad aparente de SSD usando la siguiente fórmula:

$$M_{ssd} = M \left(1 + \left(\frac{A}{100} \right) \right) \quad (3)$$

Donde:

M_{ssd} = densidad aparente en condición SSD, kg / m³ [lb / ft³] y

A = % de absorción, determinado de acuerdo con la prueba Método C127 o Método de prueba C128.

10.2 Contenido vacío: calcule el contenido vacío en el agregado utilizando la densidad aparente determinada por

la colocación de varillas, procedimiento de jiggging o pala, como sigue:

$$\% \text{Voids} = 100 \left(\frac{(S \times W) - M}{S \times W} \right) \quad (4)$$

Donde:

M = densidad aparente del agregado, kg / m³ [lb/ft³],

S = gravedad específica a granel (base seca) determinada de acuerdo con el Método de prueba C127 o el Método de prueba C128, y

W = densidad del agua, 998 kg / m³ [62.3 lb / ft³].

10.3 Volumen de medida: calcule el volumen de una medida de la siguiente manera:

$$V = (W - M) / D \quad (5)$$

$$F = D / (W - M) \quad (6)$$

V = volumen de la medida, m³ [ft³]

W = masa del agua, placa de vidrio y medida, kg [lb]

M = masa de la placa de vidrio y medida, kg [lb]

D = densidad del agua para la temperatura medida, kg / m³ [lb / ft³], y

F = factor para la medida, 1 / m³ [1 / ft³]

11. Informe

11.1 Informe los resultados para la densidad aparente a los 10 kg / m³ más cercanos [1 lb / ft³] de la siguiente manera:

11.1.1 Densidad aparente consolidada por el Método A: Rodding, o

11.1.2 Densidad aparente consolidada por el Método B: Jiggging, o

11.1.3 Densidad aparente suelta por el Método C: palear.

11.2 Informe los resultados del contenido vacío al 1% más cercano de la siguiente manera:

11.2.1 Vacíos en el agregado consolidado por el Método A: Rodding, % o



11.2.2 Vacíos en el agregado consolidado por el Método B: Jigging, % o

11.2.3 Vacíos en el agregado suelto por el Método C: palear, %.

12. Precisión y sesgo

12.1 Las siguientes estimaciones de precisión para este método de prueba se basan en los resultados del Programa de Muestra de Competencia del Laboratorio de Referencia de Materiales de AASHTO (AMRL), con las pruebas realizadas utilizando este método de prueba y el Método AASHTO T 19 /T19M. No hay diferencias significativas entre los dos métodos de prueba. Los datos se basan en el análisis de más de 100 resultados de pruebas emparejadas de 40 a 100 laboratorios.

12.2 Agregado grueso (densidad aparente):

12.2.1 Precisión de un solo operador: se ha encontrado que la desviación estándar de un solo operador es 14 kg / m³ [0.88 lb / ft³]

(1s). Por lo tanto, los resultados de dos pruebas realizadas correctamente por el mismo operador en un material similar no deberían diferir en más de 40 kg / m³ [2.5 lb / ft³] (d2s).

12.2.2 Precisión multilaboratoria: se ha encontrado que la desviación estándar multilaboratoria es de 30 kg / m³ [1.87 lb / ft³] (1s). Por lo tanto, los resultados de dos pruebas realizadas correctamente de dos laboratorios diferentes en material similar no deberían diferir en más de 85 kg / m³ [5.3 lb / ft³] (d2s).

12.2.3 Estos números representan, respectivamente, los límites (1s) y (d2s) como se describe en la Práctica C670. Las estimaciones de precisión se obtuvieron del análisis de los datos de la muestra de competencia de AMRL para la densidad aparente mediante varillas de agregados de peso normal que tienen un tamaño de agregado máximo nominal de 25.0 mm [1 pulg.], Y usando un 14-L [1/2- ft³] medida.

12.3 Agregado fino (densidad aparente):

12.3.1 Precisión de un solo operador: se ha encontrado que la desviación estándar de un solo operador es de 14 kg / m³ [0.88 lb / ft³] (1s). Por lo tanto, los resultados de dos pruebas realizadas correctamente por el mismo operador en un material similar no deberían diferir en más de 40 kg / m³ [2.5 lb / ft³] (d2s).

12.3.2 Precisión multilaboratoria: se ha encontrado que la desviación estándar multilaboratoria es de 44 kg / m³ [2.76 lb / ft³] (1s). Por lo tanto, los resultados de dos pruebas realizadas correctamente de dos laboratorios diferentes en material similar no deberían diferir en más de 125 kg / m³ [7.8 lb / ft³] (d2s).

12.3.3 Estos números representan, respectivamente, los límites (1s) y (d2s) como se describe en la Práctica C670. Las estimaciones de precisión se obtuvieron del análisis de los datos de la muestra de competencia de AMRL para la densidad aparente suelta de los laboratorios que utilizan una medida de 2.8 L [1/10-ft³].

12.4 No hay datos de precisión sobre el contenido vacío disponibles. Sin embargo, como el contenido de huecos en el agregado se calcula a partir de la densidad aparente y la gravedad específica a granel, la precisión del contenido de huecos refleja la precisión de estos parámetros medidos dados en 12.2 y 12.3 de este método de prueba y en los Métodos de prueba C127 y C128.

12.5 Sesgo: el procedimiento en este método de prueba para medir la densidad aparente y el contenido vacío no tiene sesgo porque los valores de densidad aparente y contenido vacío solo pueden definirse en términos de un método de prueba.

13. Palabras clave

13.1 agregados; Densidad a Granel; agregado grueso; densidad; agregado fino; unidad de peso; vacíos en agregados

RESUMEN DE CAMBIOS

El Comité C09 ha identificado la ubicación de los cambios seleccionados a este método de prueba desde el último número, C29 / C29M - 17, que pueden afectar el uso de este método de prueba. (Aprobado el 1 de abril de 2017).

(1) Revisado 7.1.

(2) Se agregó 7.2 y Nota 3 (se renumeraron las Notas posteriores en consecuencia).



- (3) Secciones anteriores consolidadas 9, 10, 11 y 12. Revisadas 9, 10 y 11.

El Comité C09 ha identificado la ubicación de los cambios seleccionados a este método de prueba desde el último número, C29 / C29M - 16, que pueden afectar el uso de este método de prueba. (Aprobado el 1 de enero de 2017).

- (1) Revisado 5.1 - 5.3.

- (3) Revisado 8.1.

- (2) Borrado 5.3.1 y renumerado la sección siguiente.

ASTM International no toma posición respecto a la validez de los derechos de patente reivindicados en relación con cualquier artículo mencionado en esta norma. Se informa expresamente a los usuarios de esta norma que la determinación de la validez de dichos derechos de patente y el riesgo de infracción de dichos derechos son de su exclusiva responsabilidad.

Esta norma está sujeta a revisión en cualquier momento por el comité técnico responsable y debe revisarse cada cinco años y, si no se revisa, volver a aprobar o retirar. Sus comentarios están invitados para la revisión de esta norma o para normas adicionales y deben dirigirse a la sede de ASTM International. Sus comentarios recibirán una cuidadosa consideración en una reunión del comité técnico responsable, al que puede asistir. Si considera que sus comentarios no han recibido una audiencia imparcial, debe comunicar sus opiniones al Comité de Normas de ASTM, en la dirección que se muestra a continuación.

Esta norma tiene derechos de autor de ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, Estados Unidos. Se pueden obtener reimpresiones individuales (copias simples o múltiples) de esta norma comunicándose con ASTM en la dirección anterior o al 610-832-9585 (teléfono), 610-832-9555 (fax) o service@astm.org (e- correo); o a través del sitio web de ASTM (www.astm.org). Los derechos de permiso para fotocopiar la norma también se pueden obtener del Centro de autorización de derechos de autor, 222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923, Tel: (978) 646-2600; <http://www.copyright.com/>