



UNIVERSIDAD CENTROAMERICANA

“JOSE SIMEON CAÑAS”, UCA

Departamento de Mecánica Estructural, Apartado Postal (01)168, Autopista Sur, San Salvador, El Salvador, América Central Tel: +503-2210 6600. Fax: +503-2210 6664

Laboratorio de: MATERIALES DE CONSTRUCCION

DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO.

NORMAS:

ASTM C 127 – 01. Método de ensayo estándar para determinar la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y la absorción del agregado grueso.

ASTM C 29/C 29M – 97. Método de ensayo para el peso unitario y vacíos en los agregados.

ASTM C 125 – 03. Terminología relacionada con el concreto y agregados para el concreto.

ASTM C 128 – 01. Método de ensayo para determinar la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y la absorción del agregado fino.

ASTM C 136 – 01. Método de ensayo para análisis por malla de agregados gruesos y finos.

ASTM C 566 – 97. Método de ensayo para el contenido de humedad total del agregado por secado.

ASTM C 670 – 03. Práctica para preparar la declaración de precisión y tendencia para métodos de ensayo en materiales de construcción.

ASTM C 702 – 01. Práctica para la reducción de muestras de agregado a tamaños de ensayo.

ASTM D 75 – 97. Práctica para muestreo de agregados.

ASTM D 448 – 98. Clasificación para tamaños de agregados en construcción de puentes y carreteras.

AASHTO T 85. Gravedad específica y absorción del agregado grueso.

OBJETIVOS:

- a. Enseñar los procedimientos empleados para la obtención de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del agregado grueso.
- b. Distinguir entre los conceptos de densidad, densidad aparente, densidad relativa, densidad relativa aparente y absorción.
- c. Reforzar el concepto de cuarteo de una muestra e indicar la importancia que tiene éste en los diferentes tipos de ensayo realizados en el laboratorio.

DISCUSIÓN TEÓRICA:

Los conceptos teóricos de esta práctica son los mismos que los de la discusión teórica de la guía correspondiente a DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO.

Sin embargo, es importante recordar dependiendo del procedimiento utilizado, tanto la densidad (kg/m^3 o lb/pe^3) como la densidad relativa o gravedad específica (adimensionales), son expresadas como secadas al horno (SH) o saturadas superficialmente secas (SSS). La densidad SH y la densidad relativa SH, son determinadas después de secar el agregado en horno. La densidad SSS, la densidad relativa SSS y la absorción son determinadas después de saturar el agregado en agua para un tiempo prescrito.

Por otra parte, el método de ensayo que se propone en esta guía, es usado para determinar la densidad de la porción esencialmente sólida de un número grande de partículas de agregados y proporciona un valor promedio representativo de la muestra.

En el ensayo, una muestra de agregado es inmersa en agua por 24 ± 4 horas para llenar esencialmente los poros. Entonces es removida del agua, secándose el agua de la superficie de las partículas y se determina la masa. Subsecuentemente, el volumen de la muestra es determinado por el método de desplazamiento de agua. Finalmente, la muestra es secada al horno y se determina la masa. Usando los valores de masa obtenidos, es posible calcular la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y la absorción.

El procedimiento que se sigue en este ensayo no está destinado para usarse con agregados de peso ligero.

MATERIAL Y EQUIPO:

Equipo.

- a. Balanza, para determinar la masa, que sea sensitiva, legible y precisa a 0.05% de la masa de la muestra en algún punto del rango usado para este ensayo, o 0.5 g, el que sea mayor. La balanza deberá estar equipada con aparatos adecuados para suspender la muestra contenida en agua, desde el centro de la plataforma de la balanza.
- b. Contenedor de muestra, una cesta de alambre de 3.35 mm (N° 6) o malla fina, o una cesta de abertura y altura iguales, con una capacidad de 4 a 7 litros para alojar un tamaño nominal máximo de agregado de 37.5 mm (1 ½") o menor y una canastilla más grande según se necesite, para ensayar mayores tamaños máximos de agregados. La canastilla será construida de tal forma que se evite atrapar aire cuando sea sumergida.
- c. Tanque de agua, en el cual la canastilla es colocada suspendida debajo de la balanza.
- d. Tamices o mallas, una malla de 4.75 mm (N° 4) u otro tamaño como se necesite (ver 5.4.1b – 5.4.1d), conforme a la especificación E 11.
- e. Horno de convección.
- f. Cuchara de albañilería.
- g. Cucharón.
- h. Brocha.
- i. Bandejas metálicas.

En la siguiente figura se muestra parte del equipo mencionado.



Figura 1 Parte del equipo utilizado en el ensayo.

Materiales.

- a. Grava sumergida en agua por espacio de 24 horas.
- b. Franela o cualquier tela absorbente.

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO:

Muestreo.

- a. Muestree el agregado de acuerdo con la Práctica D 75.
- b. Mezcle completamente la muestra y redúzcala para obtener un espécimen de ensayo de aproximadamente 1 kg, usando el procedimiento aplicable descrito en la Práctica C 702. Rechace todo el material que pasa la malla de 4.75 mm (N° 4) por tamizado en seco y lavando completamente para remover el polvo y otros recubrimientos de la superficie. Si el agregado grueso contiene una cantidad sustancial de material más fino que la malla de 4.75 mm (tal como para agregados de tamaño N° 8 y 9 en la clasificación D 448), use la malla de 2.36 mm (N° 8) en lugar de la malla de 4.75 mm. Alternativamente, separe el material más fino que la malla de 4.75 mm y ensaye el material más fino de acuerdo con el método de ensayo C 128. Si los agregados menores a 4.75 mm (N° 4) son usados en la muestra, asegúrese que el tamaño de las aberturas en el contenedor de la muestra sea menor que el agregado de tamaño mínimo.
- c. La masa mínima de la muestra de ensayo a ser usada, se presenta a continuación:

Tamaño máximo nominal, mm (pulg)	Masa mínima de la muestra de prueba, kg (lb)
12.5 (1/2) o menos	2 (4.4)
19.0 (3/4)	3 (6.6)
25.0 (1)	4 (8.8)
37.5 (1 1/2)	5 (11)
50 (2)	8 (18)
63 (2 1/2)	12 (26)
75 (3)	18 (40)
90 (3 1/2)	25 (55)
100 (4)	40 (88)
125 (5)	75 (165)

Tabla 1 Masa mínima de la muestra a ser ensayada.

Tomado de: Norma ASTM C 127, volumen 02.04

La norma C 127 permite ensayar el agregado grueso en algunas fracciones de tamaño. Si la muestra contiene más del 15% retenido en la malla de 27.5 mm (1 1/2”), ensaye el material más grande que 37.5 mm en una o más fracciones de tamaño, separadamente del menor tamaño de fracción. Cuando un agregado es ensayado en fracciones de tamaños separados, la masa mínima de la muestra de ensayo para cada fracción deberá ser la diferencia entre las masas prescritas para el tamaño máximo y mínimo de la fracción.

- d. Si la muestra es ensayada en dos o más tamaños de fracción, determine la graduación de la muestra de acuerdo con el método de ensayo C 136, incluyendo las mallas usadas para separar el tamaño de las fracciones para la determinación en este método. En el cálculo del porcentaje de material de cada tamaño de fracción, ignore la cantidad de material más fino que la malla de 4.75 mm (Nº 4) (o malla de 2.36 mm (Nº 8) cuando esta malla es usada de acuerdo con 5.4.1.b. Cuando ensaye agregado grueso de tamaño máximo nominal grande, se requerirán muestras de ensayo grandes, esto puede ser más conveniente para ejecutar el ensayo en dos o más sub-muestras, y los valores obtenidos combinados por los cálculos descritos en la sección 5.4.3.



Figura 2 Grava a utilizarse

Procedimiento.

- a. Seque la muestra de ensayo a masa constante a una temperatura de 110 ± 5 °C, enfriar al aire a temperatura del cuarto por 1 a 3 horas para muestras de ensayo de 37.5 mm (1 ½") de tamaño nominal máximo, o más tiempo para tamaños mayores, hasta que el agregado se haya enfriado a una temperatura que sea manejable (aproximadamente 50 °C). Posteriormente sumerja el agregado en agua a la temperatura del cuarto por un período de 24 ± 4 horas. (Ver figura 2)



Figura 3 Grava en proceso de saturación.

- b. Cuando los valores de la absorción y la densidad relativa (gravedad específica) sean usados en proporcionamiento de mezclas de concreto, en las cuales los agregados se encuentren en su condición de humedad natural, el requerimiento de 5.4.2.a para secado inicial es opcional, y si la superficie de las partículas en la muestra ha sido mantenida continuamente húmeda antes de ser ensayadas, el requerimiento en 5.4.2.a para 24 ± 4 horas de saturación, también es opcional. Valores para absorción y densidad relativa (SSS) pueden ser significativamente mayores para agregados no secados al horno antes de la inmersión que para los mismos agregados tratados de acuerdo a 5.4.2.a. Esto es esencialmente cierto para partículas mayores de 75 mm, puesto que el agua no es capaz de penetrar los poros hasta el centro de la partícula en el período de inmersión prescrito.
- c. Remueva la muestra de ensayo del agua y enróllela en un paño o franela absorbente hasta que toda la película visible de agua sea removida, (ver figuras 5.3 y 5.4). Seque las partículas grandes individualmente. Una corriente de aire es permitida para ayudar en la operación de secado. Tenga cuidado de evitar la evaporación de agua de los poros del agregado durante la operación de secado superficial. Determine la masa de la muestra de ensayo en la condición saturada superficialmente seca (muestra al aire), ver figura 3. Registre esta y las subsiguientes masas con una precisión de 0.5 g o 0.05% de la masa de la muestra, la que sea mayor.



Fig. 4 Remoción del agua de la muestra.



Fig. 5 Secado del agua superficial en la muestra.



Fig. 6 Determinación de peso en el aire en condición saturado superficialmente seco

- d. Después de determinar la masa al aire, coloque inmediatamente la muestra de ensayo saturada superficialmente seca en el contenedor de la muestra y determine su masa aparente en agua a 23 ± 2.0 °C, (ver figura 6). Tenga cuidado de eliminar todo el aire atrapado antes de pesar, agitando el recipiente mientras es sumergido. La diferencia entre la masa al aire y la masa cuando la muestra es sumergida en agua es igual a la masa de agua desplazada por la muestra. El contenedor debería ser sumergido a una profundidad suficiente para cubrirlo y la muestra de ensayo, mientras se determina la masa aparente en el agua. El alambre del cual se suspende el contenedor debe ser del tamaño más pequeño posible para minimizar cualquier efecto posible de una longitud inmersa variable.



Figura 7 Determinación del peso de la muestra sumergida (peso aparente).

- e. Seque la muestra de ensayo a masa constante a una temperatura de 110 ± 5 °C, enfriar al aire a temperatura del cuarto durante 1 a 3 horas, o hasta que el agregado haya enfriado a una temperatura que sea confortable de manejar (aproximadamente 50 °C), y determine la masa.

CALCULOS.*a. Simbología utilizada:*

- A : masa al aire de la muestra seca al horno, g.
 B : masa al aire de la muestra saturada superficialmente seca, g.
 C : masa aparente de la muestra saturada en agua, g.
 G : densidad promedio o densidad relativa (gravedad específica). Todas las formas de expresión de densidad o densidad relativa pueden ser promediadas en esta forma.
 $G_1, G_2 \dots G_n$: promedio particular de densidad o densidad relativa para cada fracción, dependiendo del tipo de densidad o densidad relativa que esté siendo promediada.
 $P_1, P_2 \dots P_n$: porcentaje de masas de cada de fracción presente en la muestra original (no incluye materiales finos).
 A : absorción promedio, %.
 $A_1, A_2 \dots A_n$: porcentajes de absorción para cada fracción por tamaño.

b. Densidad relativa (gravedad específica):

Las expresiones para el cálculo de la densidad relativa se muestran en la tabla 2:

Densidad relativa (gravedad específica) secada al horno (SH)	$\frac{A}{(B-C)}$
Densidad relativa (gravedad específica) saturada superficialmente seca (SSS)	$\frac{B}{(B-C)}$
Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente)	$\frac{A}{(A-C)}$

Tabla 2 Fórmulas para el cálculo de densidades relativas en agregado grueso.

c. Densidad:

Las ecuaciones para el cálculo de la densidad se presentan en la siguiente tabla:

Densidad secada al horno (SH)	$995 \frac{A}{(B-C)}$ (kg/m ³)
	$627 \frac{A}{(B-C)}$ (lb/pie ³)
Densidad saturada superficialmente seca (SSS)	$995 \frac{B}{(B-C)}$ (kg/m ³)
	$627 \frac{B}{(B-C)}$ (lb/pie ³)
Densidad aparente	$995 \frac{A}{(A-C)}$ (kg/m ³)
	$627 \frac{A}{(A-C)}$ (lb/pie ³)

Tabla 3 Fórmulas para el cálculo de densidades en agregado grueso.

Los valores constantes usados en el cálculo de las densidades (997.5 kg/m^3 y 62.27 lb/pe^3) son la densidad del agua a $23 \text{ }^\circ\text{C}$.

d. *Densidad y densidad relativa, para muestras ensayadas en fracciones separadas:*

Calcule el valor promedio para densidad o densidad relativa (gravedad específica) del tamaño de la fracción calculada de acuerdo con 5.4.3.b y 5.4.3.c, usando la siguiente ecuación:

$$G = \frac{P_1 B_1 + P_2 B_2 + \dots + P_n B_n}{100 + 100 + \dots + 100}$$

e. *Absorción:*

$$Absorción = \frac{B - A}{A} * 100$$

f. *Absorción promedio:*

Cuando la muestra es ensayada en fracciones separadas por tamaño, el valor promedio de absorción es el valor promedio de las absorciones calculadas según 5.4.3.e, ponderados en la proporción de los porcentajes de masa de cada fracción presente en la muestra original (no incluye material fino), como se muestra a continuación:

$$A = \frac{P_1 A_1}{100} + \frac{P_2 A_2}{100} + \dots + \frac{P_n A_n}{100}$$

g. *Precisión.*

Las estimaciones en la precisión de este método de prueba listadas en la tabla 5.4m están basadas en resultados de la AASHTO Programa de Muestras de Referencia en el Laboratorio de Materiales de Referencia, con ensayos conducidos por este método y el método T 85 de la AASHTO. La diferencia significativa entre los métodos es que el método ASTM C 127 requiere un período de saturación de 24 ± 4 horas, y el método de prueba AASHTO T 85 requiere un período de saturación de 15 horas mínimo. Se ha encontrado que estas diferencias tienen un efecto insignificante en los índices de precisión. La información está basada en el análisis de más de 100 resultados de 40 a 100 laboratorios. La precisión estimada para densidad fue calculada de valores determinados para densidad relativa (gravedad específica), usando la densidad del agua a $23 \text{ }^\circ\text{C}$ para la conversión.

	Desviación estándar (1s) ^A	Rango aceptable de dos resultados (d2s) ^A
<i>Precisión de un solo operador</i>		
Densidad (SH), kg/m ³	9	25
Densidad (SSS), kg/m ³	7	20
Densidad aparente, kg/m ³	7	20
Densidad relativa (gravedad específica) (SH), kg/m ³	0.009	0.025
Densidad relativa (gravedad específica) (SSS), kg/m ³	0.007	0.020
Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente), kg/m ³	0.007	0.020
<i>Precisión multilaboratorio</i>		
Densidad (SH), kg/m ³	13	38
Densidad (SSS), kg/m ³	11	32
Densidad aparente, kg/m ³	11	32
Densidad relativa (gravedad específica) (SH), kg/m ³	0.013	0.038
Densidad relativa (gravedad específica) (SSS), kg/m ³	0.011	0.032
Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente), kg/m ³	0.011	0.032

^A Estos números representan, respectivamente, los límites (1s) y (d2s) descritos en la práctica C 670. Las precisiones estimadas fueron obtenidas del análisis combinado de datos de muestras de referencia del Laboratorio de Materiales de Referencia AASHTO, usando tiempos de saturación de 15 horas mínimo, y de otros laboratorios, usando tiempos de saturación de 24 ± 4 horas. Las pruebas fueron ejecutadas en agregados de peso normal, e iniciadas con agregados en condición seca en horno.

Tabla 4 Precisión

REFERENCIAS:

American Society for Testing and Materials, Norma C 127, Volumen 04.02, 2003.

Waddell J, & Dobrowolsky J, Manual de la Construcción con Concreto, Tomo I, tercera edición 2001, Editorial McGraw-Hill, México.