

# *Republic of Ecuador*

## 👉 EDICT OF GOVERNMENT 👈

In order to promote public education and public safety, equal justice for all, a better informed citizenry, the rule of law, world trade and world peace, this legal document is hereby made available on a noncommercial basis, as it is the right of all humans to know and speak the laws that govern them.



NTE INEN 0857 (2010) (Spanish): Áridos.  
Determinación de la densidad, densidad  
relativa (gravedad específica) y absorción  
del árido grueso

BLANK PAGE





# INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

---

---

**NORMA TÉCNICA ECUATORIANA**

**NTE INEN 857:2010**  
**Primera revisión**

---

---

## **ÁRIDOS. DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y ABSORCIÓN DEL ÁRIDO GRUESO.**

**Primera Edición**

STANDARD TEST METHOD FOR DENSITY, RELATIVE DENSITY (SPECIFIC GRAVITY), AND ABSORPTION OF COARSE AGGREGATE.

First Edition

---

DESCRIPTORES: Materiales de construcción y edificación, materiales y productos minerales, áridos, árido grueso, densidad, absorción, ensayo.

CO 02.03-308  
CDU: 691.22 :531.755  
CIU: 2901  
ICS: 91.100.15

<p><b>Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria</b></p>	<p align="center"><b>ÁRIDOS. DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y ABSORCIÓN DEL ÁRIDO GRUESO</b></p>	<p align="center"><b>NTE INEN 857:2010 Primera revisión 2010-10</b></p>
--	---	---

### 1. OBJETO

**1.1** Esta norma establece el método de ensayo para determinar: la densidad, la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción del árido grueso.

### 2. ALCANCE

**2.1** Este método de ensayo se aplica para la determinación de la densidad promedio en una muestra de árido grueso (sin incluir el volumen de vacíos entre partículas), la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción del árido. Dependiendo del procedimiento utilizado, la densidad es expresada como: seca al horno (SH), saturada superficialmente seca (SSS) o como densidad aparente. De la misma manera, la densidad relativa (gravedad específica), una cantidad adimensional, es expresada como SH, SSS o como densidad relativa aparente (gravedad específica aparente). La densidad SH y la densidad relativa SH se determinan luego de secar el árido. La densidad SSS, densidad relativa SSS y la absorción se determinan luego de saturar el árido en agua por un periodo definido.

**2.2** Este método de ensayo es utilizado para determinar la densidad de la porción sólida de un número grande de partículas de árido y proporcionar un valor promedio, que representa la muestra. La diferencia entre la densidad de las partículas del árido, determinadas por éste método, y la masa unitaria (peso volumétrico) de los áridos, determinada de acuerdo al procedimiento de la NTE INEN 858, radica en que éste último método incluye el volumen de los vacíos entre las partículas del árido.

**2.3** Este método de ensayo no es aplicable para ser utilizado con áridos livianos.

**2.4** El texto de esta norma hace referencia a notas en pie de página, las cuales proveen material explicativo. Estas notas, exceptuando aquellas ubicadas en tablas y figuras, no deben ser consideradas como requisitos de esta norma.

**2.5** Esta norma no tiene el propósito de contemplar todo lo concerniente a seguridad, si es que hay algo asociado con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer prácticas apropiadamente saludables y seguras y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reguladoras antes de su uso.

### 3. DEFINICIONES

**3.1** Para los efectos de esta norma se adoptan las definiciones de la NTE INEN 694 y además las siguientes:

**3.1.1** *Absorción.* Incremento de la masa del árido debido a la penetración de agua en los poros de las partículas durante un determinado período de tiempo, sin incluir el agua adherida a la superficie externa de las partículas, se expresa como un porcentaje de la masa seca.

**3.1.2** *Seco al horno (SH), relacionado a las partículas del árido.* Condición en la cual los áridos han sido secados por calentamiento en un horno a  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$  por el tiempo necesario para conseguir una masa constante.

**3.1.3** *Saturado superficialmente seco (SSS), relacionado a las partículas del árido.* Condición en la cual los poros permeables de las partículas del árido se llenan con agua al sumergirlos por un determinado período de tiempo, pero sin agua libre en la superficie de las partículas.

*(Continúa)*

DESCRIPTORES: Materiales de construcción y edificación, materiales y productos minerales, áridos, árido grueso, densidad, absorción, ensayo.

**3.1.4 Densidad.** Masa por unidad de volumen de un material, expresada en kilogramos por metro cúbico.

**3.1.4.1 Densidad (SH).** Masa de las partículas del árido, seco al horno, por unidad de volumen, incluyendo el volumen de los poros permeables e impermeables, sin incluir los vacíos entre partículas.

**3.1.4.2 Densidad (SSS).** Masa de las partículas del árido, saturado superficialmente seco, por unidad de volumen, incluyendo el volumen de poros impermeables y poros permeables llenos de agua, sin incluir los vacíos entre partículas.

**3.1.4.3 Densidad aparente.** Masa por unidad de volumen, de la porción impermeable de las partículas del árido.

**3.1.5 Densidad relativa (gravedad específica).** Relación entre la densidad de un material y la densidad del agua destilada a una temperatura determinada; los valores son adimensionales.

**3.1.5.1 Densidad relativa (gravedad específica) (SH).** Relación entre la densidad (SH) de los áridos y la densidad del agua destilada a una temperatura determinada.

**3.1.5.2 Densidad relativa (gravedad específica) (SSS).** Relación entre la densidad (SSS) de los áridos y la densidad del agua destilada a una temperatura determinada.

**3.1.5.3 Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente).** Relación entre la densidad aparente del árido y la densidad del agua destilada a una temperatura determinada.

#### 4. DISPOSICIONES GENERALES

**4.1** La densidad relativa (gravedad específica) es la característica generalmente utilizada para el cálculo del volumen ocupado por el árido en las mezclas que contienen áridos, incluyendo hormigón de cemento portland, hormigón bituminoso y otras mezclas que son dosificadas o analizadas en base al volumen absoluto. La densidad relativa (gravedad específica) también se la utiliza para el cálculo de vacíos entre partículas en el árido, de acuerdo a la NTE INEN 858. La densidad relativa (gravedad específica) (SSS) se la utiliza si el árido está húmedo, esto es, si ha alcanzado su absorción; por el contrario, la densidad relativa (gravedad específica) (SH) se la utiliza para los cálculos cuando el árido está seco o se asume que está seco.

**4.2** La densidad aparente y la densidad relativa aparente (gravedad específica aparente) corresponden al material sólido que conforman las partículas constitutivas, sin incluir los vacíos de poros dentro de las partículas, a los cuales es accesible el agua.

**4.3** Los valores de absorción se utilizan para calcular los cambios en la masa de un árido debido al agua absorbida por los poros de las partículas constitutivas, comparado con la condición seca, cuando se considera que el árido ha estado en contacto con agua el suficiente tiempo para satisfacer la mayoría del potencial de absorción. El valor de absorción determinado en el laboratorio, se consigue después de sumergir en agua el árido seco por un determinado período. Los áridos extraídos de una mina bajo la superficie del agua, comúnmente tienen un contenido de humedad mayor que la absorción determinada por este método, si se utilizan sin secarlos. Por el contrario, algunos áridos que no han sido conservados en una condición continua de humedad hasta ser utilizados, probablemente contendrán una cantidad de agua absorbida menor que en la condición de saturado en 24 horas. Para un árido que ha estado en contacto con agua y que tiene humedad libre en las superficies de las partículas, el porcentaje de humedad libre se determina restando el valor de la absorción, del valor total de humedad que contiene el árido, determinado con la NTE INEN 862.

**4.4** Los procedimientos generales descritos en este método de ensayo son válidos para la determinación de la absorción de áridos que han sido sometidos a condiciones de saturación diferentes que la inmersión en agua por 24 horas, tales como agua en ebullición o saturación al vacío. Los valores de absorción obtenidos mediante otros métodos de ensayo, serán diferentes de los valores obtenidos mediante la saturación indicada en este método, así como también los valores de densidad relativa (gravedad específica) (SSS).

(Continúa)

**4.5** Los poros en los áridos livianos, después de la inmersión por 24 horas, no están necesariamente llenos con agua. En realidad, la absorción potencial para muchos de estos áridos no se alcanza luego de algunos días inmersos en agua. Por lo tanto, este método de ensayo no es apropiado para uso con áridos livianos.

## 5. MÉTODO DE ENSAYO

**5.1 Resumen.** Se sumerge en agua por  $24 \text{ h} \pm 4 \text{ h}$ , una muestra de árido previamente secada, hasta conseguir masa constante, con el propósito de llenar con agua sus poros. Se retira la muestra del agua, se seca el agua superficial de las partículas y se determina su masa. Luego, se determina el volumen de la muestra por el método del desplazamiento de agua; finalmente, la muestra se seca al horno y se determina su masa. Utilizando los valores de masa obtenidos y mediante las fórmulas de este método de ensayo, es posible calcular la densidad, la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción.

### 5.2 Equipos

**5.2.1 Balanza.** Equipo para determinar masa, que sea sensible y legible, con una aproximación de 0,05% de la masa de la muestra en cualquier punto dentro del rango de uso para este ensayo, o 0,5 g, la que sea mayor. La balanza debe estar equipada con un dispositivo apropiado para suspender el recipiente para la muestra en agua, desde el centro de la plataforma o recipiente de la balanza.

**5.2.2 Recipiente para la muestra:** Canasta de alambre con una abertura de 3,35 mm (No. 6) o de malla más fina o un cubo de ancho y altura aproximadamente iguales, con una capacidad de 4 litros a 7 litros, para un árido con tamaño máximo nominal de 37,5 mm o menor, o una canasta más grande, según sea necesario, para el ensayo de áridos de mayor tamaño máximo. El recipiente debe ser construido de tal forma que evite retener aire cuando esté sumergido.

**5.2.3 Tanque de agua.** Tanque hermético, dentro del cual se coloca el recipiente para la muestra mientras se suspende bajo la balanza.

**5.2.4 Tamices.** Tamiz de 4,75 mm (No. 4) o de otros tamaños según sean necesarios (ver los numerales 5.3.2 a 5.3.4), que cumplan con los requisitos de la NTE INEN 154.

**5.2.5 Horno.** De tamaño suficiente, capaz de mantener una temperatura uniforme de  $110 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ .

### 5.3 Muestreo

**5.3.1** Tomar las muestras del árido, de acuerdo a la NTE INEN 695.

**5.3.2** Mezclar íntegramente la muestra de árido y reducirlo hasta aproximadamente la cantidad necesaria, utilizando el procedimiento de la NTE INEN 2 566. Rechazar todo el material que pasa el tamiz de 4,75 mm (No. 4) mediante tamizado en seco y por medio de lavado remover el polvo u otro recubrimiento de la superficie. Si el árido grueso contiene una cantidad importante de material más fino que 4,75 mm (tal como los áridos de tamaño No. 8 y No. 9, según la clasificación de la norma ASTM D 448), utilizar el tamiz de 2,36 mm (No. 8) en lugar del de 4,75 mm. Alternativamente, separar y ensayar el material más fino que 4,75 mm, de acuerdo con la NTE INEN 856 (ver nota 1).

**5.3.3** La masa mínima de la muestra de ensayo a ser utilizada se presenta en la tabla 1. Se permite ensayar el árido grueso en varias fracciones de tamaño. Si más del 15% de la muestra es retenida en el tamiz de 37,5 mm, ensayar el material más grande que 37,5 mm en una o más fracciones separadas, desde la fracción más pequeña. Cuando se ensaya un árido en fracciones separadas, la masa mínima de la muestra de ensayo para cada fracción debe ser la diferencia entre las masas señaladas para los tamaños máximo y mínimo de la fracción.

NOTA 1. Si la muestra contiene áridos más pequeños que 4,75 mm (tamiz No. 4), revisar el recipiente para la muestra para asegurarse que el tamaño de sus aberturas sean más pequeñas que el tamaño mínimo del árido.

(Continúa)

**TABLA 1. Masa mínima de la muestra de ensayo**

Tamaño máximo nominal, mm	Masa mínima de la muestra para ensayo, kg
12,5 o menor	2
19,0	3
25,0	4
37,5	5
50	8
63	12
75	18
90	25
100	40
125	75

**5.3.4** Si la muestra es ensayada en dos o más fracciones de tamaño, determinar la granulometría de la muestra, de acuerdo a la NTE INEN 696, incluyendo los tamices utilizados para la separación de las fracciones en las determinaciones de este método. Al calcular el porcentaje de material en cada fracción, ignorar la cantidad de material más fino que 4,75 mm (tamiz No. 4) (o 2,36 mm (tamiz No. 8) si se utiliza ese tamiz de acuerdo con el numeral 5.3.2) (ver nota 2).

#### 5.4 Procedimiento

**5.4.1** Secar la muestra en el horno a una temperatura de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , hasta conseguir una masa constante. Enfriar la muestra al aire, a temperatura ambiente, entre 1 hora a 3 horas, para muestras de ensayo de tamaño máximo nominal de hasta 37,5 mm o por más tiempo para tamaños más grandes, hasta que el árido se haya enfriado a una temperatura que sea confortable para su manipulación (aproximadamente  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ); seguidamente sumergir el árido en agua a temperatura ambiente por un período de  $24\text{ h} \pm 4\text{ h}$ .

**5.4.2** Cuando se utilizan los valores de absorción y densidad relativa (gravedad específica) en la dosificación de mezclas de hormigón, en las que el árido estará en condición de humedad natural; el requisito del numeral 5.4.1 sobre el secado inicial es opcional y si la superficie de las partículas de la muestra ha sido conservada húmeda continuamente hasta el ensayo, el requisito del numeral 5.4.1 sobre la inmersión por  $24\text{ h} \pm 4\text{ h}$ , también es opcional (ver nota 3).

**5.4.3** Retirar la muestra de ensayo del agua, colocarla sobre un paño absorbente y con el mismo frotarla hasta que sea eliminada toda lámina visible de agua. Secar las partículas grandes individualmente. Se puede utilizar una corriente de aire para ayudar a la operación de secado. Evitar la evaporación de agua desde los poros del árido durante la operación de secado superficial. Determinar la masa de la muestra de ensayo en condición saturada superficialmente seca, registrar esta y todas las masas subsiguientes con una aproximación de 0,5 g o 0,05% de la masa de la muestra, la que sea mayor.

**5.4.4** Después de determinar la masa en aire, inmediatamente colocar la muestra de ensayo saturada superficialmente seca en el recipiente para la muestra y determinar su masa aparente en agua a  $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Remover todo el aire atrapado antes de determinar la masa mediante la agitación del recipiente mientras se lo sumerge (ver notas 4 y 5).

NOTA 2. Cuando se ensaye árido grueso que por su tamaño máximo nominal, requiera muestras grandes, puede ser más conveniente realizar el ensayo con dos o más submuestras y combinar los valores obtenidos con el cálculo descrito en el numeral 5.5.

NOTA 3. Los valores de absorción y densidad relativa (gravedad específica) (SSS) potenciales del árido pueden ser significativamente más altos que los calculados en áridos que no se los ha secado en el horno antes de la inmersión, respecto al mismo árido tratado de acuerdo con numeral 5.4.1, esto es especialmente real para partículas mayores de 75 mm puesto que el agua puede no ser capaz de penetrar hasta los poros del centro de la partícula en el período de inmersión.

NOTA 4. La diferencia entre la masa en aire y la masa en agua, es igual a la masa del agua desplazada por la muestra.

NOTA 5. El recipiente y la muestra de ensayo deben sumergirse a una profundidad suficiente para ser cubiertos mientras se determina la masa aparente en agua. El alambre que sostiene al recipiente debe ser del más pequeño tamaño práctico, para minimizar cualquier efecto posible de una longitud variable sumergida.

(Continúa)

**5.4.5** Secar la muestra en el horno a una temperatura de  $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , hasta conseguir una masa constante. Enfriar la muestra al aire, a temperatura ambiente, entre 1 hora a 3 horas o hasta que el árido se haya enfriado a una temperatura que sea confortable para el manejo (aproximadamente  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) y determinar su masa.

## 5.5 Cálculos

**5.5.1** *Densidad relativa (gravedad específica):*

**5.5.1.1** *Densidad relativa (gravedad específica) (SH).* Calcular la densidad relativa (gravedad específica) del árido en condición seca al horno, de la siguiente manera:

$$\text{Densidad relativa (gravedad específica) (SH)} = \frac{A}{(B - C)} \quad (1)$$

Donde:

- A = masa en aire de la muestra seca al horno, g,
- B = masa en aire de la muestra saturada superficialmente seca, g, y
- C = masa aparente en agua de la muestra saturada, g.

**5.5.1.2** *Densidad relativa (gravedad específica) (SSS).* Calcular la densidad relativa (gravedad específica) del árido en condición saturada superficialmente seca, de la siguiente manera:

$$\text{Densidad relativa (gravedad específica) (SSS)} = \frac{B}{(B - C)} \quad (2)$$

**5.5.1.3** *Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente).* Calcular la densidad relativa aparente (gravedad específica aparente) de la siguiente manera:

$$\text{Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente) (SSS)} = \frac{A}{(A - C)} \quad (3)$$

**5.5.2** *Densidad:*

**5.5.2.1** *Densidad (SH).* Calcular la densidad del árido en condición seca al horno, de la siguiente manera:

$$\text{Densidad (SH), kg/m}^3 = \frac{997,5 A}{(B - C)} \quad (4)$$

**5.5.2.2** *Densidad (SSS).* Calcular la densidad del árido en condición saturada superficialmente seca, de la siguiente manera:

$$\text{Densidad (SSS), kg/m}^3 = \frac{997,5 B}{(B - C)} \quad (5)$$

**5.5.2.3** *Densidad aparente.* Calcular la densidad aparente de la siguiente manera:

$$\text{Densidad aparente, kg/m}^3 = \frac{997,5 A}{(A - C)} \quad (6)$$

**5.5.3** *Valores promedio de densidad y de densidad relativa (gravedad específica).* Cuando la muestra se ensaya en fracciones separadas, calcular el promedio de los valores de densidad o de densidad relativa (gravedad específica) de cada fracción de tamaño, calculada de acuerdo con los numerales 5.5.1 ó 5.5.2, utilizando la siguiente ecuación:

(Continúa)



$$G = \frac{1}{\frac{P_1}{100G_1} + \frac{P_2}{100G_2} + \dots + \frac{P_n}{100G_n}} \quad (\text{ver el Apéndice X}) \quad (7)$$

Donde:

G = promedio de densidad o de densidad relativa (gravedad específica). Todas las formas de expresión de densidad o de densidad relativa (gravedad específica) pueden ser promediadas de esta manera,

G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub>...G<sub>n</sub> = valores apropiados del promedio de densidad o de densidad relativa (gravedad específica) para cada fracción, en función del tipo de densidad o de densidad relativa (gravedad específica) a ser promediada, y

P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>...P<sub>n</sub> = porcentajes de la masa de cada fracción presente en la muestra original (no se incluye el material más fino, ver el numeral 5.3.4).

**5.5.4 Absorción.** Calcular el porcentaje de absorción, de la siguiente manera:

$$\text{Absorción, \%} = \frac{(B - A)}{A} \times 100 \quad (8)$$

**5.5.5 Promedio del valor de absorción.** Cuando la muestra se ensaya en fracciones separadas, el valor promedio de absorción es el promedio de los valores calculados de acuerdo al numeral 5.5.4, ponderado en proporción a los porcentajes de masa de cada fracción presente en la muestra original de la siguiente manera (no se incluye el material más fino, ver el numeral 5.3.4):

$$A = \frac{P_1 A_1}{(100)} + \frac{P_2 A_2}{(100)} + \dots + \frac{P_n A_n}{(100)} \quad (9)$$

Donde:

A = promedio de absorción, %,

A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>...A<sub>n</sub> = porcentajes de absorción para cada fracción, y

P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>...P<sub>n</sub> = porcentajes de la masa de cada fracción presente en la muestra original.

(ver nota 6)

**5.6 Informe de resultados.** Se debe elaborar un informe de resultados que contenga al menos lo siguiente:

- Fecha de muestreo y ensayo,
- Nombre del laboratorio y del laboratorista que efectuó el ensayo,
- Identificación de la muestra de árido fino,
- Resultados de densidad con una aproximación de 10 kg/m<sup>3</sup>, resultados de densidad relativa (gravedad específica) con una aproximación de 0,01 e indicar la condición del árido para densidad o densidad relativa (gravedad específica), ya sea (SH), (SSS) o aparente,
- Resultado de absorción con una aproximación de 0,1%,
- Si los valores de densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción fueron determinados sin el secado preliminar del árido, según lo permitido en el numeral 5.4.2, registrar este particular en el informe,
- Otros detalles necesarios para la completa identificación de la muestra.

NOTA 6. El valor constante (997,5 kg/m<sup>3</sup>), utilizado en los cálculos de los numerales 5.5.2.1 a 5.5.2.3 es la densidad del agua a 23 °C. Algunas autoridades recomiendan utilizar la densidad del agua a 4 °C (1 000 kg/m<sup>3</sup> o 1,000 Mg/m<sup>3</sup>) valor suficientemente preciso.

(Continúa)

## 5.7 Precisión y desviación

**5.7.1** La estimación de la precisión de este método de ensayo, que figura en la tabla 2, se basa en los resultados del Programa de muestras de referencia del laboratorio de materiales de la AASHTO, los ensayos fueron realizados de acuerdo con las normas ASTM C 127 y AASHTO T 85. La diferencia significativa entre estos métodos es que la norma ASTM C 127 requiere un período de saturación de  $24 \text{ h} \pm 4 \text{ h}$  mientras que la norma AASHTO T 85 requiere un período de saturación de mínimo 15 horas. Se ha encontrado que esta diferencia tiene un efecto insignificante sobre los índices de precisión. Los datos se basan en el análisis de más de 100 pares de resultados de ensayos de 40 a 100 laboratorios. La estimación de la precisión para densidad fue calculada a partir de valores determinados de densidad relativa (gravedad específica), utilizando la densidad del agua a  $23 \text{ }^\circ\text{C}$  para la conversión.

**TABLA 2. Precisión**

	<b>Desviación estándar (1s)<sup>A</sup></b>	<b>Rango aceptable de dos resultados (d2s)<sup>A</sup></b>
<b>Precisión para un solo operador:</b>		
Densidad (SH), $\text{kg/m}^3$	9	25
Densidad (SSS), $\text{kg/m}^3$	7	20
Densidad aparente, $\text{kg/m}^3$	7	20
Densidad relativa (gravedad específica) (SH)	0,009	0,025
Densidad relativa (gravedad específica) (SSS)	0,007	0,020
Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente)	0,007	0,020
<b>Precisión multilaboratorio:</b>		
Densidad (SH), $\text{kg/m}^3$	13	38
Densidad (SSS), $\text{kg/m}^3$	11	32
Densidad aparente, $\text{kg/m}^3$	11	32
Densidad relativa (gravedad específica) (SH)	0,013	0,038
Densidad relativa (gravedad específica) (SSS)	0,011	0,032
Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente)	0,011	0,032

<sup>A</sup> Estos números representan los límites (1s) y (d2s) respectivamente, como se describen en la norma ASTM C 670. La estimación de la precisión fue obtenida del análisis de los resultados de las muestras de referencia combinadas del laboratorio de materiales de la AASHTO, obtenidos de laboratorios que utilizaron un mínimo de 15 h para la saturación y otros laboratorios que utilizaron  $24 \text{ h} \pm 4 \text{ h}$  de saturación. Los ensayos se realizaron en áridos de masa normal y comenzó con los áridos en condición seca al horno.

**5.7.2 Desviación.** Puesto que no hay un material de referencia aceptado, que sea adecuado para determinar la desviación de este método de ensayo, no se ha hecho ninguna declaración de desviación.

(Continúa)

**APÉNDICE X**  
**(Información opcional)**

**DESARROLLO DE LA ECUACIÓN**

**X.1** El desarrollo de la ecuación No. 7 proviene de los siguientes casos simplificados, utilizando dos sólidos. Sólido 1: tiene una masa  $M_1$  en gramos y un volumen  $V_1$  en  $\text{cm}^3$ ; su densidad relativa (gravedad específica) ( $G_1$ ) es por lo tanto  $M_1/V_1$ . Sólido 2: tiene una masa  $M_2$  y un volumen  $V_2$ ;  $G_2 = M_2/V_2$ . Si se considera que los dos sólidos están juntos, la densidad relativa (gravedad específica) de la combinación es la masa total en gramos dividida para el volumen total en  $\text{cm}^3$ .

$$G = \frac{M_1 + M_2}{V_1 + V_2} \quad (\text{X.1})$$

Mediante el desarrollo de esta ecuación se obtiene:

$$G = \frac{1}{\frac{V_1 + V_2}{M_1 + M_2}} = \frac{1}{\frac{V_1}{M_1 + M_2} + \frac{V_2}{M_1 + M_2}} \quad (\text{X.2})$$

$$G = \frac{1}{\frac{M_1}{M_1 + M_2} \left(\frac{V_1}{M_1}\right) + \frac{M_2}{M_1 + M_2} \left(\frac{V_2}{M_2}\right)} \quad (\text{X.3})$$

Sin embargo, los porcentajes en masa de los dos sólidos son:

$$\frac{M_1}{M_1 + M_2} = \frac{P_1}{100} \quad \text{y} \quad \frac{M_2}{M_1 + M_2} = \frac{P_2}{100} \quad (\text{X.4})$$

Además,

$$\frac{1}{G_1} = \frac{V_1}{M_1} \quad \text{y} \quad \frac{1}{G_2} = \frac{V_2}{M_2} \quad (\text{X.5})$$

Sustituyendo estas relaciones en la ecuación X.3, se obtiene

$$G = \frac{1}{\frac{P_1}{100} \frac{1}{G_1} + \frac{P_2}{100} \frac{1}{G_2}} \quad (\text{X.6})$$

Un ejemplo de este cálculo está dado en la tabla X.1

**TABLA X.1 Ejemplo de cálculos de valores de masas de densidad relativa (gravedad específica) y absorción para áridos gruesos ensayados por separado**

Fracción de tamaño, mm	% en la muestra original	Masa de la muestra utilizada, g	Densidad relativa (gravedad específica) (SSS)	Absorción, %
4,75 a 12,5	44	2 213,0	2,72	0,4
12,5 a 37,5	35	5 462,0	2,56	2,5
37,5 a 63	21	12 593,0	2,54	3,0

(Continúa)

Promedio de densidad relativa (gravedad específica) (SSS)

$$G_{SSS} = \frac{1}{\frac{0,44}{2,72} + \frac{0,35}{2,56} + \frac{0,21}{2,54}} = 2,62$$

Promedio de absorción

$$A = (0,44 \times 0,4) + (0,35 \times 2,5) + (0,21 \times 3,0) = 1,7\%$$

*(Continúa)*

**APÉNDICE Y**  
**(Información opcional)**

**INTERRELACIÓN ENTRE DENSIDADES RELATIVAS (GRAVEDADES ESPECÍFICAS) Y  
ABSORCIÓN, SEGÚN SE DEFINEN EN LAS NTE INEN 857 Y NTE INEN 856**

**Y.1** Este apéndice proporciona relaciones matemáticas entre los tres tipos de densidad relativa (gravedad específica) y la absorción. Estos valores pueden ser útiles para controlar la correspondencia de los datos reportados o calcular un valor que no se ha reportado mediante el uso de otros datos reportados:

Donde:

$S_d$  = densidad relativa (gravedad específica) (SH),  
 $S_s$  = densidad relativa (gravedad específica) (SSS),  
 $S_a$  = densidad relativa aparente (gravedad específica aparente), y  
 A = absorción en %.

**Y.2** Calcular los valores de cada uno, de la siguiente manera:

$$S_s = \left(1 + \frac{A}{100}\right) S_d \quad (\text{Y.1})$$

$$S_a = \frac{1}{\frac{1}{S_d} - \frac{A}{100}} = \frac{S_d}{1 - \frac{AS_d}{100}} \quad (\text{Y.2})$$

$$S_a = \frac{1}{\frac{1 + A/100}{S_s} - \frac{A}{100}} = \frac{S_s}{1 - \left[\frac{A}{100}(S_s - 1)\right]} \quad (\text{Y.3})$$

$$A = \left(\frac{S_s}{S_d} - 1\right) 100 \quad (\text{Y.4})$$

$$A = \left(\frac{S_a - S_s}{S_a(S_s - 1)}\right) 100 \quad (\text{Y.5})$$

(Continúa)

## APÉNDICE Z

### Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 154	<i>Tamices de ensayo. Dimensiones nominales de las aberturas</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 694	<i>Hormigón y áridos para elaborar hormigón. Terminología</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 695	<i>Áridos. Muestreo.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 696	<i>Áridos. Análisis granulométrico en los áridos, fino y grueso</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 856	<i>Áridos. Determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido fino.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 858	<i>Áridos. Determinación de la masa unitaria y del porcentaje de huecos</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 862	<i>Áridos para hormigón. Determinación del contenido total de humedad.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 566	<i>Áridos. Reducción de muestras a tamaño de ensayo.</i>
Norma ASTM C 127	<i>Método de ensayo para determinar la densidad, densidad relativa (peso específico) y absorción del árido grueso.</i>
Norma ASTM C 670	<i>Práctica para la preparación de informes de precisión y desviación para métodos de ensayo para materiales de construcción</i>
Norma ASTM D 448	<i>Clasificación por tamaños del árido para la construcción de caminos y puentes.</i>
Norma AASHTO T 85	<i>Gravedad específica y absorción del árido grueso</i>

### Z.2 BASE DE ESTUDIO

ASTM C 127 – 07. *Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Coarse Aggregate.* American Society for Testing and Materials. Philadelphia, 2007.

## INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

**Documento:** TÍTULO: ÁRIDOS. DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD, Código:  
**NTE INEN 857** DENSIDAD RELATIVA (GRAVEDAD ESPECÍFICA) Y **CO 02.03-308**  
**Primera revisión** ABSORCIÓN DEL ÁRIDO GRUESO.

ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio:	REVISIÓN: Fecha de aprobación anterior del Consejo Directivo 1982-12-09 Oficialización con el Carácter de <b>OBLIGATORIA</b> por Acuerdo Ministerial No. 503 del 1983-09-27 publicado en el Registro Oficial No. 598 del 1983-10-13  Fecha de iniciación del estudio: 2010-02-03
---	--

Fechas de consulta pública: de \_\_\_\_\_ a \_\_\_\_\_

Subcomité Técnico: HORMIGONES, ÁRIDOS Y MORTEROS

Fecha de iniciación: 2010-02-10

Fecha de aprobación: 2010-02-18

Integrantes del Subcomité Técnico:

### NOMBRES:

### INSTITUCIÓN REPRESENTADA:

Ing. Guillermo Realpe (Presidente)

Ing. José Arce (Vicepresidente)

Ing. Jaime Salvador

Ing. Raúl Ávila

Ing. Hugo Egüez

Ing. Raúl Cabrera

Sr. Carlos Aulestia

Ing. Xavier Arce

Ing. Marlon Valarezo

Arq. Soledad Moreno

Ing. Carlos González

Ing. Víctor Buri

Ing. Douglas Alejandro

Ing. Verónica Miranda

Ing. Diana Sánchez

Ing. Stalin Serrano

Ing. Xavier Herrera

Ing. Mireya Martínez

Ing. Rubén Vásquez

Ing. Víctor Luzuriaga

Ing. Patricio Torres

Ing. Luis Balarezo

Ing. Eric Galarza

Ing. Carlos Castillo (Prosecretario Técnico)

FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA PONTIFICIA  
UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

HORMIGONES HÉRCULES S. A.

INSTITUTO ECUATORIANO DEL CEMENTO Y DEL  
HORMIGÓN. INECYC.

ASOCIACIÓN DE PRODUCTORES DE HORMIGÓN  
PREMEZCLADO DEL ECUADOR. APRHOPEC.

HOLCIM ECUADOR S. A. AGREGADOS

HOLCIM ECUADOR S. A. HORMIGONES

LAFARGE CEMENTOS S. A.

CÁMARA DE LA CONSTRUCCIÓN DE  
GUAYAQUIL.

UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

INTACO ECUADOR S. A.

INTACO ECUADOR S. A.

HORMIGONES HÉRCULES S. A.

MUNICIPIO DE GUAYAQUIL.

COLEGIO DE INGENIEROS CIVILES DE  
PICHINCHA / HORMIGONERA EQUINOCCIAL

FACULTAD DE INGENIERÍA. PONTIFICIA  
UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR.

HORMIGONERA EQUINOCCIAL.

HORMIGONERA QUITO

CAMINOSCA CIA. LTDA.

CEMENTO CHIMBORAZO C. A.

INDUSTRIAS GUAPÁN S. A.

DICOPLAN CIA. LTDA.

CUERPO DE INGENIEROS DEL EJÉRCITO

SIKA ECUATORIANA S. A.

INSTITUTO ECUATORIANO DEL CEMENTO Y DEL  
HORMIGÓN. INECYC.

Otros trámites: ♦<sup>4</sup> La NTE INEN 857:1982 sin ningún cambio en su contenido fue **DESREGULARIZADA**, pasando de **OBLIGATORIA a VOLUNTARIA**, según Acuerdo Ministerial No. 235 de 1998-05-04 publicado en el Registro Oficial No. 321 del 1998-05-20.

Esta NTE INEN 857:2010 (Primera Revisión), reemplaza a la NTE INEN 857:1982

El Directorio del INEN aprobó este proyecto de norma en sesión de 2010-07-30

Oficializada como: **Voluntaria**  
Registro Oficial No. 303 de 2010-10-19

Por Resolución No. 104-2010 de 2010-07-30

---

**Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN - Baquerizo Moreno E8-29 y Av. 6 de Diciembre  
Casilla 17-01-3999 - Telfs: (593 2)2 501885 al 2 501891 - Fax: (593 2) 2 567815  
Dirección General: E-Mail: [direccion@inen.gov.ec](mailto:direccion@inen.gov.ec)  
Área Técnica de Normalización: E-Mail: [normalizacion@inen.gov.ec](mailto:normalizacion@inen.gov.ec)  
Área Técnica de Certificación: E-Mail: [certificacion@inen.gov.ec](mailto:certificacion@inen.gov.ec)  
Área Técnica de Verificación: E-Mail: [verificacion@inen.gov.ec](mailto:verificacion@inen.gov.ec)  
Área Técnica de Servicios Tecnológicos: E-Mail: [inencati@inen.gov.ec](mailto:inencati@inen.gov.ec)  
Regional Guayas: E-Mail: [inenguayas@inen.gov.ec](mailto:inenguayas@inen.gov.ec)  
Regional Azuay: E-Mail: [inencuenca@inen.gov.ec](mailto:inencuenca@inen.gov.ec)  
Regional Chimborazo: E-Mail: [inenriobamba@inen.gov.ec](mailto:inenriobamba@inen.gov.ec)  
URL: [www.inen.gov.ec](http://www.inen.gov.ec)**