

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS GRUESO Y FINO

INV E – 213 – 13

1 OBJETO

- 1.1 Este método de ensayo tiene por objeto determinar cuantitativamente la distribución de los tamaños de las partículas de los agregados grueso y fino de un material, por medio de tamizado.
- 1.2 Esta norma reemplaza la norma INV E–213–07.

2 RESUMEN DEL MÉTODO

- 2.1 Una muestra de agregado seco, de masa conocida, se separa a través de una serie de tamices de aberturas progresivamente más pequeñas, con el fin de determinar la distribución de los tamaños de sus partículas.

3 IMPORTANCIA Y USO

- 3.1 Este método se usa, principalmente, para determinar la granulometría de los materiales propuestos como agregados o que se están usando como tales. Los resultados se emplean para determinar el cumplimiento de las especificaciones en relación con la distribución de partículas y para suministrar los datos necesarios para el control de la producción de los agregados y de las mezclas que los contengan. Los datos pueden servir, también, para el estudio de relaciones referentes a la porosidad y al empaquetamiento entre partículas.
- 3.2 La determinación exacta del material que pasa el tamiz de 75 μm (No. 200) no se puede lograr mediante este ensayo. El método de ensayo que se debe emplear para ello, es el indicado en la norma INV E–214.

4 EQUIPO

- 4.1 *Balanzas* – La legibilidad y la exactitud de las balanzas empeladas para la determinación de la granulometría de los agregados grueso y fino, son las siguientes:

- 4.1.1** Para el agregado fino, la aproximación de lectura y la exactitud deben ser 0.1 g o 0.1 % de la masa de ensayo, la que sea mayor, en cualquier punto dentro del rango de uso.
- 4.1.2** Para el agregado grueso o las mezclas de agregados grueso y fino, la aproximación de lectura y la exactitud deben ser 0.5 g o 0.1 % de la carga de ensayo, la que sea mayor, en cualquier punto dentro del rango de uso.
- 4.2** *Tamices* – Se debe disponer de la serie adecuada de tamices de ensayo para obtener la información deseada, de acuerdo con la especificación para el material que se ensaya. Los marcos de los tamices se deberán acoplar de forma que se evite cualquier pérdida de material durante el proceso de tamizado.
- Nota 1: Se recomienda la utilización de tamices con marcos más grandes que el estándar de 203.2 mm (8") de diámetro para el ensayo de agregado grueso, con el fin de reducir la posibilidad de sobrecarga de los tamices.*
- 4.3** *Tamizadora mecánica* – Una tamizadora mecánica que imparta un movimiento vertical, o lateral y vertical a los tamices, de manera que al producir rebotes y giros en las partículas del agregado, éstas presenten diferentes orientaciones con respecto a la superficie de tamizado. La acción tamizadora deberá ser tal, que el criterio para dar por terminado el tamizado, descrito en el numeral 6.4, se satisfaga en un período de tiempo razonable.
- Nota 2: Se recomienda el empleo de una tamizadora mecánica cuando la masa de la muestra por tamizar sea de 20 kg o mayor. Un tiempo excesivo (más de 10 minutos) para realizar un tamizado adecuado se puede traducir en degradación de la muestra. La misma tamizadora mecánica puede no resultar práctica para todos los tamaños de muestras, puesto que la mayor área de tamizado requerida para tamizar un agregado grueso de tamaño nominal grande, muy probablemente se traducirá en la pérdida de una porción de la muestra, si se usa con una muestra más pequeña de agregado grueso o fino.*
- 4.4** *Horno* – De tamaño adecuado, capaz de mantener una temperatura uniforme de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ ($230 \pm 9^{\circ}\text{F}$).

5 MUESTRA

- 5.1** Las muestras para el ensayo se deben obtener de acuerdo con la norma INV E–201. El tamaño de la muestra debe ser el indicado en dicha norma o cuatro veces la cantidad requerida en los numerales 5.4 y 5.5, el que sea mayor.
- 5.2** La muestra se deberá mezclar completamente y reducir a un tamaño apropiado para el ensayo, utilizando el procedimiento que sea aplicable entre los descritos en la norma INV E–202. La muestra, una vez cuarteada, deberá

tener la masa seca aproximada requerida para el ensayo. No está permitido seleccionar la muestra con una masa exacta predeterminada.

Nota 3: Donde el análisis de tamizado, incluyendo la determinación de material menor de 75 μm (tamiz No. 200), sea la única prueba por realizar, el tamaño de la muestra se puede reducir en el campo, evitando así el envío de cantidades excesivas de material extra al laboratorio.

- 5.3 Agregado fino** – Después de secada, la muestra de agregado fino para el análisis granulométrico deberá tener una masa mínima de 300 g.
- 5.4 Agregado grueso** – La masa mínima de la muestra de agregado grueso para el análisis granulométrico, después de secada, depende del tamaño máximo nominal del agregado, como se indica en el siguiente cuadro:

| TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL TAMICES CON ABERTURAS CUADRADAS mm (pg.) | MASA MÍNIMA DE LA MUESTRA DE ENSAYO Kg (lb) |
|---|---|
| 9.5 (3/8) | 1 (2) |
| 12.5 (½) | 2 (4) |
| 19.0 (3/4) | 5 (11) |
| 25.0 (1) | 10 (22) |
| 37.5 (1½) | 15 (33) |
| 50.0 (2) | 20 (44) |
| 63.0 (2½) | 35 (77) |
| 75.0 (3) | 60 (130) |
| 90.0 (3½) | 100 (220) |
| 100.0 (4) | 150 (330) |
| 125.0 (5) | 300 (660) |

- 5.5 Mezclas de agregados gruesos y finos** – La muestra deberá tener la misma masa recomendada en el numeral 5.4 para los agregados gruesos.
- 5.6 Muestras de agregado grueso con partículas muy grandes** – La cantidad de muestra que se requiere cuando los agregados tienen un tamaño máximo nominal mayor o igual a 50 mm (2") es tal, que no permite la reducción y el ensayo de una muestra apropiada, salvo que se disponga de cuarteadores y tamizadoras mecánicas de gran tamaño. Como una alternativa en el caso frecuente de no contar con dicho equipo, el tamizado se realiza dividiendo la muestra total en varias porciones aproximadamente iguales (que se tamizarán por separado), de manera que la suma de ellas cumpla el requisito de masa mínima indicado en el numeral 5.4.

5.7 Si se va a determinar la cantidad de material que pasa el tamiz de 75 μm (No. 200) según la norma INV E-214, se procede como sigue:

5.7.1 Si los agregados tienen un tamaño máximo nominal de 12.5 mm ($\frac{1}{2}$ ") o menor, se utiliza la misma muestra para realizar los ensayos por el método descrito en la norma INV E-214 y por el presente método. Primero, se ensaya la muestra en acuerdo con la norma INV E-214 hasta la operación de secado final y, posteriormente, se tamiza la muestra seca como se estipula en los numerales 6.2 a 6.7 de esta norma.

5.7.2 Si los agregados tienen un tamaño máximo nominal mayor de 12.5 mm ($\frac{1}{2}$ "), se puede utilizar una sola muestra de ensayo como se describe en el numeral 5.7.1 o bien, se pueden utilizar muestras independientes y seguir con una de ellas el método de la norma INV E-214 y con la otra el método descrito en esta norma.

5.7.3 Si la especificación exige la determinación de la cantidad total de material que pasa el tamiz de 75 μm (No. 200) por lavado y en seco, se utiliza el método descrito en el numeral 5.7.1.

6 PROCEDIMIENTO

6.1 Se seca la muestra a una temperatura de $110 \pm 5^\circ \text{C}$ ($230 \pm 9^\circ \text{F}$), hasta obtener masa constante.

Nota 4: Cuando se deseen resultados rápidos, no es necesario secar el agregado grueso para este ensayo, debido a que el resultado se afecta poco por el contenido de humedad a menos que: (1) el tamaño máximo nominal sea menor de 12.5 mm ($\frac{1}{2}$ "); (2) el agregado grueso contenga una cantidad apreciable de finos menores de 4.75 mm (No. 4); o (3) el agregado grueso sea altamente absorbente (por ejemplo, un agregado liviano). También, las muestras se pueden secar mediante placas calientes sin afectar los resultados, a condición de que el vapor escape sin generar presiones que fracturen las partículas y de que la temperatura no sea tan alta que produzca la descomposición química del agregado.

6.2 Se selecciona un grupo de tamices de tamaños adecuados para suministrar la información requerida por la especificación del material que se va a ensayar. El uso de tamices adicionales es aconsejable o necesario si se desea otro tipo de información, tal como el módulo de finura, o para regular la cantidad de material sobre un determinado tamiz. Se encajan los tamices en orden decreciente por tamaño de abertura y se coloca la muestra (o la porción de muestra si el material se va a tamizar por porciones) sobre el tamiz superior (Figura 213 - 1). Se agitan los tamices a mano o por medio de la tamizadora mecánica durante un período adecuado (Figura 213 - 2), establecido por

tanteos o verificado mediante medidas sobre la muestra real, satisfaciendo el criterio mencionado en el numeral 6.4.



Figura 213 - 1. Colocación de la muestra sobre el tamiz de mayor abertura



Figura 213 - 2. Agitación con la tamizadora mecánica

- 6.3** La cantidad de material sobre un tamiz dado se debe limitar de forma que todas las partículas tengan la oportunidad de alcanzar las aberturas del tamiz varias veces durante la operación de tamizado. La masa retenida en tamices con aberturas menores de 4.75 mm (No. 4), cuando se complete la operación de tamizado, no debe ser mayor de 7 kg/m² de superficie de tamizado (nota5). Para tamices con aberturas de 4.75 mm (No. 4) y mayores, la cantidad retenida, en kg, no deberá exceder el producto de $2.5 \times (\text{abertura del tamiz en mm} \times \text{área efectiva de tamizado en m}^2)$. Esta cantidad se muestra en la Tabla

213 - 1 para 5 tamices con dimensiones de uso común. En ningún caso, la masa retenida debe ser tan grande que produzca una deformación permanente en la malla del tamiz.

6.3.1 La sobrecarga de un tamiz se puede prevenir siguiendo alguno de estos procedimientos:

6.3.1.1 Insertando un tamiz adicional, de abertura intermedia entre la del tamiz sobrecargado y la del inmediatamente superior en el juego original de tamices.

6.3.1.2 Dividiendo la muestra en dos o más porciones, las cuales se tamizan individualmente. Luego se combinan las masas de las fracciones retenidas en un mismo tamiz, para calcular el porcentaje de la muestra retenida en él.

6.3.1.3 Empleando tamices con marco de mayor diámetro, los cuales tienen una mayor área de tamizado.

Nota 5: La cantidad de 7 kg/m² equivale a 200 g para el diámetro usual de 203.2 mm (8") de los marcos de los tamices.

Tabla 213 - 1. Cantidad máxima permitida de material retenido en un tamiz (kg)

| TAMAÑO DE LA ABERTURA DEL TAMIZ, mm | FORMA Y DIMENSIÓN NOMINAL DEL MARCO DEL TAMIZ | | | | |
|--|---|-----------------|-------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| | CIRCULAR | CIRCULAR | CIRCULAR | CUADRADO | RECTANGULAR |
| | 203.2 mm (8") | 254 mm (10") | 304.8 mm (12") | 350 × 350 mm (14" × 14") | 372 × 580 mm (15" × 24") |
| | ÁREA DE TAMIZADO, m ² | | | | |
| | 0.0285 | 0.0457 | 0.0670 | 0.1225 | 0.2158 |
| 125 | C | C | C | C | 67.4 |
| 100 | C C | C C | C | 30.6 | 53.9 |
| 90 | C C | 8.6 | 15.1 | 27.6 | 48.5 |
| 75 | 3.6 | 7.2 | 12.6 | 23.0 | 40.5 |
| 63 | 2.7 | 5.7 | 10.6 | 19.3 | 34.0 |
| 50 | 1.8 | 4.3 | 8.4 | 15.3 | 27.0 |
| 37.5 | 1.4 | 2.9 | 6.3 | 11.5 | 20.7 |
| 25.0 | 0.89 | 2.2 | 4.2 | 7.7 | 13.5 |
| 19.0 | 0.67 | 1.4 | 3.2 | 5.8 | 10.2 |
| 12.5 | 0.33 | 1.1 | 2.1 | 3.8 | 6.7 |
| 9.5 | | 0.54 | 1.6 | 2.9 | 5.1 |
| 4.75 | | | 0.80 | 1.5 | 2.6 |

C:Esto indica que los tamices tienen menos de 5 aberturas completas y no deben ser usados en el ensayo de tamizado, excepto en el caso indicado en el numeral 6.6

- 6.4** Se continúa el tamizado por un período suficiente, de tal forma que después de terminado no más del 1 % de la masa de material retenido en un tamiz pase por este tamiz, tras un (1) minuto de tamizado continuo a mano, realizado de la siguiente manera: Se sostiene el tamiz en una posición ligeramente inclinada en una mano, con su tapa y un fondo ajustados sin holgura. Se golpea bruscamente el lado del tamiz y, con un movimiento hacia arriba contra el talón de la palma de la otra mano, a razón de 150 veces por minuto, se va girando el tamiz aproximadamente 1/6 de vuelta en cada intervalo de 25golpes. En la determinación de la suficiencia del tamizado para tamaños de abertura mayores de 4.75 mm (No. 4), se debe limitar el material sobre el tamiz a una sola capa de partículas. Si el tamaño del marco del tamiz que se está usando es muy grande y hace impracticable el movimiento de tamizado descrito, se deberán usar tamices con marco de 203.2 mm (8") de diámetro para comprobar la suficiencia del tamizado.
- 6.5** En el caso de mezclas de agregados gruesos y finos, se deben consultar los procedimientos del numeral 6.3.1 para prevenir sobrecargas de los tamices individuales.
- 6.5.1** Como alternativa, se puede reducir la fracción menor de 4.75 mm (No. 4), empleando un cuarteador de acuerdo a la norma INV E-202. Si se sigue este procedimiento, la masa de la fracción de cada tamaño respecto de la masa muestra original se calcula así:

$$A = \frac{M_1}{M_2} \times B \quad [213.1]$$

Donde: A: Masa de la fracción de cada tamaño en la muestra total;

M₁: Masa de la fracción que pasa el tamiz de 4.75 mm (No. 4) en la muestra total;

M₂: Masa de la porción reducida de material que pasa el tamiz de 4.75 mm (No. 4) realmente tamizada;

B: Masa de la fracción del tamaño en cuestión, en la porción reducida realmente tamizada.

- 6.6** Si no se usa una tamizadora mecánica, las partículas mayores de 75 mm (3") se deberán tamizar a mano, determinando la abertura más pequeña de tamiz por

la cual pasa la partícula. El ensayo se comienza con el tamiz de menor abertura de los que van a ser usados. Las partículas se rotan, si es necesario, con el fin de determinar si ellas pasan o no a través de dicho tamiz; sin embargo, no se deberán forzar para obligarlas a pasar por las aberturas.

- 6.7** Se determina la masa de la fracción retenida en cada tamiz, empleando una balanza que cumpla lo especificado en el numeral 4.1. La masa total del material después del tamizado debe ser muy cercana a la masa de la muestra original colocada sobre los tamices. Si las cantidades difieren en más de 0.3 % de la masa original de la muestra seca, los resultados no se podrán usar con fines de aceptación.
- 6.8** Si la muestra se ensayó primero de acuerdo con la norma INV E-214, la masa de material que pasó el tamiz de 75 μm (No. 200) en dicho ensayo se deberá sumar a la masa de material más fino que el tamiz de 75 μm (No. 200) determinada mediante el tamizado en seco de la misma muestra en el presente método de ensayo.

7 CÁLCULOS

- 7.1** Se calculan los siguientes porcentajes: (1) el porcentaje que pasa, (2) el porcentaje total retenido, o (3) el porcentaje de las fracciones de diferentes tamaños, redondeados a 0.1%, con base en la masa total de la muestra inicial seca. Si la muestra fue primero ensayada por el método INV E-214, se deberá incluir la masa del material más fino que el tamiz de 75 μm (No. 200) por lavado en los cálculos del análisis por tamizado, y se usa el total de la masa de la muestra seca antes del lavado en el ensayo según el método INV E-214, como base para calcular todos los porcentajes.
- 7.2** Cuando la muestra se haya ensayado por porciones, como se describió en el numeral 5.6, se deberán totalizar las masas de todas las porciones retenidas en cada tamiz y usar dichos totales para calcular el porcentaje como se describe en el numeral 7.1.
- 7.3** Se calcula el módulo de finura, cuando así se prescriba, sumando los porcentajes totales de material en la muestra, retenidos en los tamices siguientes (porcentajes retenidos acumulados) y dividiendo la suma por 100: 150 μm (No. 100), 300 μm (No. 50), 600 μm (No. 30), 1.18 μm (No. 16), 2.36 μm (No. 8), 4.75 μm (No. 4), 9.5 μm (3/8"), 19.0 μm (3/4"), 37.5 μm (1/2"), y mayores que aumenten en relación 2 a 1.

8 INFORME

- 8.1** Dependiendo de las especificaciones para el uso del material que está siendo ensayado, el informe deberá incluir:
- 8.1.1** Porcentaje total de material que pasa cada tamiz, o
 - 8.1.2** Porcentaje total de material retenido en cada tamiz, o
 - 8.1.3** Porcentaje de material retenido entre tamices consecutivos.
- 8.2** Los porcentajes se deben expresar redondeados al entero más próximo, con excepción del porcentaje que pasa tamiz de 75 μm (No. 200), cuyo resultado se expresará redondeado a 0.1 %, si el valor es menor que el 10 %.

9 PRECISIÓN Y SESGO

- 9.1** *Precisión* – Los estimativos sobre la precisión del método, mostrados en la Tabla 213 - 2, se basan en los resultados obtenidos en el *AASHTO Materials Reference Laboratory Proficiency Samples Program*, a partir de ensayos realizados por el método descrito en la presente norma. Los datos se basan en el análisis de resultados de ensayos obtenidos en 65 a 233 laboratorios que ensayaron 18 pares de muestras de agregados gruesos, y los resultados de 74 a 222 laboratorios que ensayaron 17 pares de muestras de agregados finos. Los valores que aparecen en la tabla están dados para diferentes rangos del porcentaje total de agregado pasante de un tamiz.
- 9.1.1** Los valores de precisión para el agregado fino se basan en muestras de ensayo de 500 g nominales. La revisión de la norma ASTM C–136 en 1994, permitió reducir el tamaño de las muestras de agregado fino a un mínimo de 300 g. El análisis de los resultados de los ensayos sobre un par de muestras de 300 g y de 500 g arrojaron los valores de precisión que se muestran en la Tabla 213 - 3, los cuales indican sólo una diferencia mínima, debido al tamaño de las muestras de ensayo.
- 9.2** *Sesgo* – Puesto que no hay ningún material de referencia aceptado para determinar el sesgo en este método de ensayo, no se hace declaración en relación con él.

10 DOCUMENTOS DE REFERENCIA

ASTM C-136 – 06

UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA, Técnico en Laboratorio de Concreto Grado I, "<http://www.youtube.com/watch?v=JArCt-s--8Q&feature=relmfu>"

Tabla 213 - 2. Precisión

| | Porcentaje total de material que pasa | | Desviación estándar (1s) % | Rango aceptable de dos resultados (d2s) % |
|-------------------------------------|---------------------------------------|-----|----------------------------|---|
| <i>Agregado grueso.^A</i> | | | | |
| Precisión de un solo operario | <100 | ≥95 | 0.32 | 0.9 |
| | <95 | ≥85 | 0.81 | 2.3 |
| | <85 | ≥80 | 1.34 | 3.8 |
| | <80 | ≥60 | 2.25 | 6.4 |
| | <60 | ≥20 | 1.32 | 3.7 |
| | <20 | ≥15 | 0.96 | 2.7 |
| | <15 | ≥10 | 1.00 | 2.8 |
| | <10 | ≥5 | 0.75 | 2.1 |
| | <5 | ≥2 | 0.53 | 1.5 |
| | <2 | ≥0 | 0.27 | 0.8 |
| Precisión entre laboratorios | <100 | ≥95 | 0.35 | 1.0 |
| | <95 | ≥85 | 1.37 | 3.9 |
| | <85 | ≥80 | 1.92 | 5.4 |
| | <80 | ≥60 | 2.82 | 8.0 |
| | <60 | ≥20 | 1.97 | 5.6 |
| | <20 | ≥15 | 1.60 | 4.5 |
| | <15 | ≥10 | 1.48 | 4.2 |
| | <10 | ≥5 | 1.22 | 3.4 |
| | <5 | ≥2 | 1.04 | 3.0 |
| | <2 | ≥0 | 0.45 | 1.3 |
| <i>Agregado fino.</i> | | | | |
| Precisión de un solo operario | <100 | ≥95 | 0.26 | 0.7 |
| | <95 | ≥60 | 0.55 | 1.6 |
| | <60 | ≥20 | 0.83 | 2.4 |
| | <20 | ≥15 | 0.54 | 1.5 |
| | <15 | ≥10 | 0.36 | 1.0 |
| | <10 | ≥2 | 0.37 | 1.1 |
| | <2 | ≥0 | 0.14 | 0.4 |
| Precisión entre laboratorios | <100 | ≥95 | 0.23 | 0.6 |
| | <95 | ≥60 | 0.77 | 2.2 |
| | <60 | ≥20 | 1.41 | 4.0 |
| | <20 | ≥15 | 1.10 | 3.1 |
| | <15 | ≥10 | 0.73 | 2.1 |
| | <10 | ≥2 | 0.65 | 1.8 |
| | <2 | ≥0 | 0.31 | 0.9 |

^A Los estimativos de precisión se basan en agregados con tamaño máximo nominal de 19 mm (3/4")

Tabla 213 - 3. Datos de precisión de muestras de 300 y 500 g

| Prueba de competencia de la muestra de agregado fino | | | | | Un laboratorio | | Varios laboratorios | |
|--|----------------------|------------------|----------|--|----------------|-------|---------------------|-------|
| Parámetro medido | Tamaño de la muestra | No. laboratorios | Promedio | | 1s | d2s | 1s | d2s |
| % de material que pasa el tamiz No. 4 | 500 g | 285 | 99.992 | | 0.027 | 0.066 | 0.037 | 0.104 |
| | 300 g | 276 | 99.990 | | 0.021 | 0.060 | 0.042 | 0.117 |
| % de material que pasa el tamiz No. 8 | 500 g | 281 | 84.10 | | 0.43 | 1.21 | 0.63 | 1.76 |
| | 300 g | 274 | 84.32 | | 0.39 | 1.09 | 0.69 | 1.92 |
| % de material que pasa el tamiz No. 16 | 500 g | 286 | 70.11 | | 0.53 | 1.49 | 0.75 | 2.10 |
| | 300 g | 272 | 70.00 | | 0.62 | 1.74 | 0.76 | 2.12 |
| % de material que pasa el tamiz No. 30 | 500 g | 287 | 48.54 | | 0.75 | 2.10 | 1.33 | 3.73 |
| | 300 g | 276 | 48.44 | | 0.87 | 2.44 | 1.36 | 3.79 |
| % de material que pasa el tamiz No. 50 | 500 g | 286 | 13.52 | | 0.42 | 1.17 | 0.98 | 2.73 |
| | 300 g | 275 | 13.51 | | 0.45 | 1.25 | 0.99 | 2.76 |
| % de material que pasa el tamiz No. 100 | 500 g | 287 | 2.55 | | 0.15 | 0.42 | 0.37 | 1.03 |
| | 300 g | 270 | 2.52 | | 0.18 | 0.52 | 0.32 | 0.89 |
| % de material que pasa el tamiz No. 200 | 500 g | 278 | 1.32 | | 0.11 | 0.32 | 0.31 | 0.85 |
| | 300 g | 266 | 1.30 | | 0.14 | 0.39 | 0.31 | 0.85 |