

## Estabilidad de los áridos frente a la acción de las soluciones de sulfato sódico o magnésico

NLT-158/63

### 1. OBJETO

- 1.1. Este método recoge el procedimiento que debe seguirse para determinar la resistencia a la desintegración de los áridos por la acción de soluciones saturadas de sulfato sódico o magnésico.
- 1.2. Mediante este método puede obtenerse una información útil para juzgar la calidad de los áridos que han de estar sometidos a la acción de los agentes atmosféricos, sobre todo cuando no se dispone de datos sobre el comportamiento de los materiales que se van a emplear en las condiciones climatológicas de la obra.  
Se llama la atención sobre el hecho de que los resultados que se obtienen varían según la sal que se emplee y de que hay que tener cuidado al fijar los límites en las especificaciones en que se incluya este ensayo.

### 2. APARATOS Y MATERIAL NECESARIOS

- 2.1. Tamices.—Tamices con mallas de abertura cuadrada de acuerdo con las especificaciones de las Normas ASTM D: E-11. Los tamices necesarios son los siguientes:

Serie fina	Serie gruesa
Núm. 100 (149 micrones)	5/16" (7,93 mm.)
Núm. 50 (297 micrones)	3/8" (9,52 mm.)
Núm. 30 (590 micrones)	1/2" (12,7 mm.)
Núm. 16 (1190 micrones)	5/8" (15,9 mm.)
Núm. 8 (2380 micrones)	3/4" (19,1 mm.)
Núm. 4 (4760 micrones)	1" (25,4 mm.)
	1 1/4" (31,7 mm.)
	1 1/2" (38,1 mm.)
	2" (50,8 mm.)
	2 1/2" (63,5 mm.)

- 2.2. Recipientes.—Los recipientes para sumergir las muestras de los áridos en la solución, de acuerdo con el procedimiento descrito en este método, estarán perforados de tal manera que permitan la libre entrada de la solución para que pueda ponerse en contacto con la muestra y el drenaje de la misma, sin que se produzca la pérdida de partículas del árido. El volumen de la solución en el cual se sumergen las muestras será, por lo menos, cinco veces el volumen de la muestra sumergida.

Son recipientes muy adecuados, para emplearlos en este ensayo, cestillos hechos con tela metálica de una abertura apropiada al tamaño de la fracción que van a contener.

- 2.3. Regulación de la temperatura.—Se dispondrá de un medio apropiado para regular la temperatura de la solución durante el período de inmersión.
- 2.4. Balanzas.—Para pesar el árido fino se necesita una balanza con capacidad de 500 gr. y sensibilidad de 0,1 gr.; para pesar el árido grueso es necesaria una balanza con una capacidad mínima de 5.000 gr. y una sensibilidad mínima de 1 gr.
- 2.5. Estufa.—La estufa que se emplea estará provista de dispositivo de circulación forzada de aire y deberá mantener la temperatura entre 105 y 110° C. La velocidad de evaporación será por lo menos de 25 gramos por hora. Esta velocidad se determinará por la pérdida de agua en vasos de forma baja de 1 lt. de capacidad, conteniendo cada uno 500 gr. de agua a temperatura de  $21 \pm 2^\circ$  C, colocados en cada rincón y en el centro de cada estufa y calentado durante cuatro horas por lo menos, manteniendo la puerta cerrada.

### 3. SOLUCIONES NECESARIAS

- 3.1. Solución de sulfato sódico.—La solución saturada de sulfato sódico se preparará disolviendo el peso necesario de sal del tipo «producto comercial», en agua a la temperatura de 25° a 30° C. Se añadirá suficiente cantidad de sal, bien de la forma anhidra ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) o cristalizada ( $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ) para asegurarse no solamente de que la solución está saturada, sino también de que queda un exceso de cristales cuando la solución está preparada. Se agitará bien la solución mientras se está preparando. Se enfría la solución a  $21 \pm 1^\circ$  C. y se mantiene a esta temperatura por lo menos durante cuarenta y ocho horas antes de emplearla; se agitará bien inmediatamente antes de usarla, y en este momento debe tener un peso específico comprendido entre 1,151 y 1,174.

*Nota.*—Para conseguir la saturación a 22° C. de un litro de agua son suficientes 215 gr. de la sal anhidra o 700 gr. de la hidratada. No obstante, como estas sales no son completamente estables y puesto que es preferible que haya un exceso de cristales en la solución, se recomienda, como mínimo, el empleo de 350 gr. de la sal anhidra y 750 gr. de la sal hidratada.

Lo más económico es el empleo del sulfato comercial en polvo, que puede considerarse prácticamente como anhidro.

- 3.2. Solución de sulfato magnésico.—La solución de sulfato magnésico se preparará disolviendo el peso necesario de sal del tipo «producto comercial» en agua a la temperatura de 25° a 30° C. Se añadirá suficiente cantidad de sal, bien de la forma anhidra ( $\text{Mg SO}_4$ ) o cristalizada ( $\text{Mg SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) para asegurarse no solamente de que la solución está saturada sino también de que queda un exceso de cristales cuando la solución está preparada. Se agitará bien la solución mientras se está preparando. Se enfría la solución a una temperatura de  $21 \pm 1^\circ$  C. y se mantiene a esta temperatura por lo menos durante cuarenta y ocho horas antes de emplearla; inmediatamente antes de

usarla se agitará bien, y en este momento tendrá un peso específico comprendido entre 1,295 y 1,302.

*Nota.*—Para conseguir la saturación a 23° C. de un litro de agua son suficientes 350 gr. de la sal anhidra o 1230 gr. de la hidratada. No obstante, como estas sales no son completamente estables y la forma anhidra es la menos estable, y puesto que es necesario que haya un exceso de cristales en la solución se recomienda el empleo de 1.400 gr., como mínimo, de sal hidratada por litro de agua.

Lo más económico es el empleo del sulfato comercial en polvo, que puede considerarse prácticamente como anhidro.

#### 4. PROCEDIMIENTO

##### 4.1. Tamaño de las muestras:

4.1.1. *Árido fino.*—La muestra del árido fino pasará toda ella por el tamiz de 3/8 de pulgada (9,52 mm.). La muestra tendrá el peso suficiente para poder obtener 100 gr. de cada una de las fracciones que se indican a continuación, que estén presentes en la muestra en cantidad mayor del 5 %:

Fracción		Cantidad
Retenido	Pasa	
Núm. 50 (297 micrones)	Núm. 30 (590 micrones)	100 gr.
Núm. 30 (590 micrones)	Núm. 16 (1190 micrones)	100 gr.
Núm. 16 (1190 micrones)	Núm. 8 (2380 micrones)	100 gr.
Núm. 8 (2380 micrones)	Núm. 4 (4760 micrones)	100 gr.
Núm. 4 (4760 micrones)	3/8" (9,52 mm.)	100 gr.

4.1.2. *Árido grueso.*—La muestra del árido grueso consistirá en material del que se han eliminado todas las fracciones inferiores al tamiz núm. 4 (4.760 mic.). Estos tamaños eliminados se ensayarán de acuerdo con el procedimiento para el árido fino. La muestra tendrá, como mínimo, el peso necesario para obtener de ella las siguientes cantidades de cada una de las fracciones que se indican a continuación, que estén presentes en cantidad superior al 5 %.

Fracción (tamiz de abertura cuadrada)	Cantidad
Del núm. 4 a 3/8" ... ..	300 gr.
De 3/8" a 3/4" ... ..	1000 gr.
Compuesta de:	
material de 3/8" a 1/2" ... ..	33 %
material de 1/2" a 3/4" ... ..	67 %
De 3/4" a 1 1/2" ... ..	1500 gr.
Compuesta de:	
material de 3/4" a 1" ... ..	33 %
material de 1" a 1 1/2" ... ..	67 %
De 1 1/2" a 2 1/2" ... ..	3000 gr.
Compuesta de:	
material de 1 1/2" a 2" ... ..	50 %
material de 2" a 2 1/2" ... ..	50 %
Tamaños mayores, con 1" de separación entre tamices; cada fracción ... ..	3000 gr.

4.1.3. Si las muestras contienen menos del 5 % de algunas de las fracciones indicadas en los párrafos 4.1.1. y 4.1.2, no se ensayará esta fracción, pero para el cálculo de los resultados del ensayo, se considerarán que tienen la misma pérdida a la acción del sulfato sódico o magnésico, que la media de las dos fracciones, inferior y superior más próximas, o bien si una de estas fracciones falta, se considerará que tiene la misma pérdida que la fracción inferior o superior que esté presente.

#### 4.2. Preparación de las muestras.

4.2.1. Árido fino. — Una muestra de árido fino se lavará bien sobre un tamiz con malla del núm. 50 (297 micrones; se desecará hasta peso constante a una temperatura comprendida entre 105 y 110° C. y se separará en las diferentes fracciones por medio de un tamizado realizado de la siguiente manera: Se hace primeramente una separación aproximada por medio de una serie de los tamices indicados en el párrafo 4.1.1. De cada una de las fracciones obtenidas de esta forma se separará la cantidad suficiente para poder obtener 100 gr., después de tamizar sobre el correspondiente tamiz hasta rechazo. (En general, son suficientes unos 110 gr.) Las partículas de árido fino que quedan encajadas en la malla del tamiz no se emplearán en la preparación de la muestra. Las muestras de 100 gr. de cada una de las fracciones, después del tamizado final, se pesan y colocan por separado en los recipientes para ensayo.

4.2.2. Árido grueso.—La muestra de árido grueso se lavará bien, se desecará hasta peso constante a una temperatura comprendida entre 105 y 110° C., y se separará en las diferentes fracciones indicadas en el párrafo 4.1.2 por tamizado hasta rechazo. La cantidad requerida de cada una de estas fracciones se pesa y coloca por separado en los recipientes para ensayo. En el caso de las fracciones con tamaño superior a 3/4" (19,1 mm.) se contará también el número de partículas.

#### 4.3. Ejecución del ensayo.

4.3.1. Inmersión de las muestras en la solución.—Las muestras se sumergen en la solución de sulfato sódico o magnésico durante un período de tiempo comprendido entre dieciséis y dieciocho horas, de forma que el nivel de la solución quede por lo menos 13 mm. por encima de la muestra. El recipiente se cubrirá para evitar la evaporación y la contaminación con sustancias extrañas. Las muestras sumergidas en la solución se mantendrán a una temperatura de  $21 \pm 1^\circ \text{C}$ . todo el tiempo de inmersión.

4.3.2. Secado de las muestras después de la inmersión.—Después del período de inmersión la muestra se saca de la solución dejándola escurrir durante  $15 \pm 5$  minutos y se la introduce en la estufa. La temperatura de la estufa se habrá regulado previamente a 105-110° C. Secar las muestras hasta peso cons-

tante a la temperatura indicada. Durante el período de secado, sacar las muestras de la estufa, enfriarlas a temperatura ambiente, y pesarlas a intervalos de tiempo no menores de cuatro horas ni mayores de dieciocho horas. Se puede considerar que se ha alcanzado un peso constante cuando dos pesos sucesivos de una muestra, hecho tal como se ha descrito, difieren menos de 0,1 gr. en el caso de árido fino, o menos de 1,0 en el caso de árido grueso. Una vez alcanzado el peso constante, se dejan enfriar las muestras a temperatura ambiente y se sumergen de nuevo en la solución.

- 4.3.3. Número de ciclos.—El proceso de inmersión y desecación de la muestra se prosigue hasta completar el número de ciclos que se especifiquen.
- 4.4. Examen cuantitativo.—El examen cuantitativo se realizará de la forma siguiente:
- 4.4.1. Después de terminado el último ciclo y de que la muestra se haya enfriado, se lava hasta que quede exento de sulfato sódico o magnésico, lo cual se reconoce en las aguas de lavado por la adición de cloruro bórico.
- 4.4.2. Después de quitar todo el sulfato sódico o magnésico, cada fracción de la muestra se seca hasta peso constante a una temperatura de 105-110° C., se pesa. Tamizar el árido fino sobre los mismos tamices en que fue retenido antes del ensayo, y tamizar el árido grueso sobre los tamices indicados a continuación, según el tamaño adecuado de las partículas.

Tamaño del árido	Tamiz empleado para determinar la pérdida
2 1/2" a 1 1/2"	1 1/4"
1 1/2" a 3/4"	5/8"
3/4" a 3/8"	5/16"
3/8" a N.º 4	N.º 5

*Nota.*—Además puede conseguirse más información si se examina visualmente cada fracción para observar si hay o no un excesivo cuarteamiento de los granos. También puede ser de interés si, después de haber pesado cada fracción como se indica en el párrafo 4.4.2., se juntan todas las fracciones, incluidos los detritus de cada una de ellas y se determina la granulometría total con los tamices necesarios para determinar el módulo de finura de la muestra total. El resultado del análisis granulométrico se dará en tanto por ciento acumulativo retenido por cada tamiz.

- 4.5 Examen cualitativo.
- 4.5.1. Las porciones de la muestra con tamaño mayor de 3/4" (19,1 mm.) de pulgada se examinan cualitativamente después de cada inmersión y cuantitativamente a la terminación del ensayo.
- 4.5.2. El examen cualitativo constará de dos partes: 1.º, la observación del efecto que produce la acción del sulfato sódico o

magnésico y la naturaleza de esta acción, y 2.º, el recuento del número de partículas afectadas.

*Nota.*—La acción del sulfato puede manifestarse de muy diversas maneras; en general, podrá clasificarse como desintegración, resquebrajamiento, desmenuzamiento, agrietamiento, formación de lascas, etc.

Aunque sólo se requiere el examen cualitativo de las partículas con tamaño mayor de 3/4" (19,1 mm), se recomienda que también se examinen los tamaños inferiores para observar si se produce un resquebrajamiento excesivo.

## 5. RESULTADOS

- 5.1. El resultado comprenderá los siguientes datos:
- 5.2. Peso de cada fracción de la muestra antes del ensayo.
- 5.3. Material de cada fracción, más fino que el tamiz en el cual quedó retenida antes del ensayo, expresado como tanto por ciento en peso respecto al total de la fracción.
- 5.4. Pérdida media, calculada por medio del tanto por ciento de pérdida de cada fracción, teniendo en cuenta la granulometría del material tal y como se recibe en el Laboratorio o, mejor, teniendo en cuenta la granulometría media del material del cual se obtuvo la muestra enviada al Laboratorio. En estos cálculos los tamaños inferiores al tamiz número 50 (297 micrones) se supone que no tienen pérdida.
- 5.5. En el caso de partículas con tamaño superior a 3/4" (19,1 mm.) antes del ensayo:
  - El número de partículas de cada fracción antes del ensayo.
  - El número de partículas afectadas, clasificadas según la acción, desintegradas, resquebrajadas, desmenuzadas, agrietadas, hechas lascas, etc.
- 5.7. El tipo de solución (sulfato sódico o sulfato magnésico).
- 5.8. Los resultados se pueden dar en forma de cuadro de manera similar a la siguiente:

Fracción		Granulometría original	Peso de la fracción ensayada	% de pérdida total	Pérdida media
Pasa	Retiene				
A r i d o   f i n o					
Núm. 100		5,0			
Núm. 50	Núm. 100	11,4			
Núm. 30	Núm. 50	26,0	100	4,2	1,09
Núm. 16	Núm. 30	25,2	100	4,8	1,21
Núm. 8	Núm. 16	17,0	100	8,0	1,36
Núm. 4	Núm. 8	10,8	100	11,2	1,21
3/8"	Núm. 4	4,6		11,2 <sup>(1)</sup>	0,52
Total .....		100	400		5,39

<sup>(1)</sup> Se emplea la pérdida de la fracción más próxima por ser menor del 5 % el porcentaje de la fracción en la muestra.

Arido grueso					
2 1/2"	1 1/2"	20,0	3000 <sup>(2)</sup>	4,8	0,96
1 1/2"	3/4"	45,0	1500 <sup>(2)</sup>	8,0	3,60
3/4"	3/8"	23,0	1000 <sup>(2)</sup>	9,6	2,20
3/8"	Núm. 4	12,0	300 <sup>(2)</sup>	11,2	1,34
Total ... ..		100	5800		8,10

<sup>(2)</sup> Cantidades mínimas. Se pueden emplear muestras de tamaño mayor.

## 6. CORRESPONDENCIA CON OTRAS NORMAS

ASTM Designación: C 88-61 T

AASHO » T 104-46