

SOLIDEZ DE LOS AGREGADOS FRENTE A LA ACCIÓN DE SOLUCIONES DE SULFATO DE SODIO O DE MAGNESIO

INV E – 220 – 13

1 OBJETO

- 1.1 Esta norma describe el procedimiento a seguir para determinar la resistencia de los agregados pétreos cuando deben soportar la intemperie en concretos y otras aplicaciones. Este efecto se simula sometiendo los agregados a inmersión repetida en soluciones saturadas de sulfato de sodio o de magnesio, seguida de secado al horno para deshidratar parcial o completamente la sal precipitada en los poros permeables de las partículas del agregado. La fuerza de expansión interna, derivada de la rehidratación de la sal después de re-inmersión, simula la expansión del agua por congelamiento.
- 1.2 Mediante este método se puede obtener información útil para juzgar la resistencia de los agregados a la acción de los agentes atmosféricos, cuando no se dispone de datos sobre el comportamiento de los materiales que se van a emplear, en las condiciones climatológicas reales de servicio.
- 1.3 Esta norma reemplaza la norma INV E–220–07.

2 IMPORTANCIA Y USO

- 2.1 Este método de ensayo brinda un procedimiento para hacer una valoración preliminar de la solidez de los agregados previstos para la elaboración de concretos y para otros propósitos. Los valores obtenidos se pueden comparar con los indicados en las especificaciones, con el fin de establecer la aptitud de un agregado para un determinado uso. Dado que la precisión de este método de ensayo es baja, el rechazo de los agregados que no cumplan las especificaciones pertinentes no se puede dar sin confirmar los resultados de otros ensayos mejor relacionados con el uso que se le va a dar al material.
- 2.2 Los valores de las pérdidas resultantes al aplicar este método son, generalmente, diferentes para agregados finos y agregados gruesos. Además, se llama la atención sobre el hecho de que los resultados que se obtienen, varían según la sal que se emplee y que hay que ser cuidadoso al fijar los límites de cualquier especificación que incluya un requisito en relación con este ensayo. Normalmente, el ensayo es más severo cuando se usa sulfato de

magnesio; por lo tanto, los porcentajes de pérdida permitidos cuando se usa sulfato de magnesio suelen ser mayores que cuando se usa sulfato de sodio.

3 EQUIPO

- 3.1 Recipientes para muestras** – Recipientes para sumergir las muestras de los agregados en la solución, de acuerdo con el procedimiento descrito en este método. Los recipientes deberán tener perforaciones para permitir el libre acceso de la solución a la muestra, así como para que pueda drenar de ésta, sin que se produzcan pérdidas de partículas del agregado.

Nota 1: Se consideran adecuadas para utilizar en este ensayo, las canastas hechas de malla de alambre o tamices con aberturas acordes al tamaño de la fracción que van a contener.

- 3.2 Tamices** – Se utilizan tamices con aberturas cuadradas de los siguientes tamaños, para tamizar las muestras de acuerdo con las Secciones 5, 6 y 8:

| SERIE FINA | SERIE GRUESA |
|---|---|
| 150 µm (No. 100) 300 µm (No. 50) 600 µm (No. 30) 1.18 mm (No. 16) 2.36 mm (No. 8) 4.00 mm (No. 5) 4.75 mm (No. 4) | 8.0 mm (5/16") 9.5 mm (3/8") 12.5 mm (½") 16 mm (5/8") 19 mm (¾") 25 mm (1") 31.5 mm (1 ¼") 37.5 mm (1 ½") 50 mm (2") 63 mm (2 ½") |

Los tamices mayores de 63 mm se deberán tomar en incrementos de 12.5 mm (½")

- 3.3 Regulador de la temperatura** – Se debe disponer de un medio apropiado para regular la temperatura de la solución durante el período de inmersión en sulfato de sodio o de magnesio.

- 3.4 Termómetro** – Un termómetro con una precisión de lectura de 0.1° C (0.2° F).

- 3.5 Balanzas** – Para el agregado fino, se requiere una balanza con posibilidad de lectura de 0.1 g en el intervalo requerido por este ensayo; para el agregado grueso, se necesita una balanza con aproximación de lectura al 0.1 % de la

masa de la muestra o a 1 g, la que sea mayor, dentro del intervalo requerido para este ensayo.

- 3.6 Horno** – Un horno capaz de mantener una temperatura a $110 \pm 5^\circ\text{C}$ ($230 \pm 9^\circ\text{F}$), cuya tasa de evaporación para esta temperatura sea, al menos, de 25 g/h por 4 horas, período durante el cual la puerta del horno se deberá mantener cerrada. Esta velocidad se determinará midiendo la pérdida de agua en vasos de precipitados de 1.0 litro de capacidad, que contengan inicialmente cada uno 500 g de agua a una temperatura de $21 \pm 2^\circ\text{C}$ ($70 \pm 3^\circ\text{F}$), colocados en los rincones y en el centro de cada anaquel del horno. Esta comprobación se efectúa con el horno conteniendo solamente los vasos con agua.
- 3.7 Medidores de gravedad específica** – Hidrómetros que cumplan con los requisitos indicados en la norma INV E-123, o una combinación apropiada de un recipiente de vidrio graduado y una balanza, que permitan medir la gravedad específica de la solución con una exactitud de ± 0.001 .

4 SOLUCIONES NECESARIAS

- 4.1** Se prepara una solución de sulfato de sodio o de magnesio para sumergir las muestras de ensayo, de acuerdo con los numerales 4.1.1 o 4.1.2 (nota 2). El volumen de solución debe ser, como mínimo, cinco veces el volumen de sólidos de todas las muestras sumergidas al mismo tiempo.

Nota 2: Algunos agregados que tienen carbonatos de calcio o de magnesio son atacados químicamente por soluciones frescas de sulfato, dando como resultado pérdidas muy altas. Si se presenta esta condición o se sospecha que se pueda presentar, se repite el ensayo usando una solución filtrada que haya sido utilizada antes para ensayar el mismo tipo de roca carbonatada, siempre y cuando la solución cumpla con los requisitos de gravedad específica estipulados en los numerales 4.1.1 y 4.1.2.

- 4.1.1 Solución de sulfato de sodio** – Se prepara una solución saturada de sulfato de sodio, disolviendo en agua la cantidad necesaria de sulfato de sodio de tipo farmacéutico (United States Pharmacopeia/USP) a una temperatura de 25 a 30°C (77 a 86°F). Se añade suficiente cantidad de sulfato (nota 3), anhidro (Na_2SO_4) o decahidratado ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), para asegurar no solo la saturación sino, también, un exceso de cristales cuando la solución esté lista para ser usada en el ensayo. Se agita bien la solución durante la adición del sulfato y, posteriormente, a intervalos frecuentes hasta que se vaya a utilizar. Para reducir la evaporación y prevenir la contaminación, la solución se debe mantener cubierta todo el tiempo cuando no se requiera su utilización. Se permite que la solución alcance una temperatura de $21 \pm 1^\circ\text{C}$ ($70 \pm 2^\circ\text{F}$).

F). Se agita de nuevo y se permite que permanezca a esta temperatura por lo menos durante 48 horas antes de emplearla. Previo a cada uso, se rompe la pasta de sal que haya en el recipiente, se revuelve completamente la solución y se determina su gravedad específica. En el momento de su empleo, la solución debe tener una gravedad específica entre 1.154 y 1.171. Si la solución está descolorida, se deberá desechar descartar o filtrar y comprobar su gravedad específica.

Nota 3: Para la solución, son suficientes 215 g de la sal anhidra o 700 g de la decahidratada por litro de agua para saturación a 22° C (71.6° F). No obstante, como estas sales no son completamente estables, y puesto que es preferible que haya exceso de cristales en la solución, se recomienda emplear, como mínimo, 350 g de la sal anhidra y 750 g de la decahidratada por litro de agua.

4.1.2 Solución de sulfato de magnesio – Se prepara una solución saturada de sulfato de magnesio, disolviendo en agua la cantidad necesaria de sulfato de magnesio de tipo farmacéutico (United States Pharmacopeia/USP) a una temperatura de 25 a 30° C (77 a 86° F). Se añade suficiente cantidad de sulfato (nota 4), anhidro ($MgSO_4$) o heptahidratado ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$) (sal de Epsom), para asegurar no solo la saturación sino, también, un exceso de cristales cuando la solución esté lista para ser usada en el ensayo. Se agita bien la solución durante la adición del sulfato y, posteriormente, a intervalos frecuentes hasta que se vaya a utilizar. Para reducir la evaporación y prevenir la contaminación, la solución se debe mantener cubierta todo el tiempo cuando no se requiera su utilización. Se permite que la solución alcance una temperatura de $21 \pm 1^\circ C$ ($70 \pm 2^\circ F$). Se agita de nuevo y se permite que permanezca a esta temperatura por lo menos durante 48 horas antes de emplearla. Previo a cada uso, se rompe la pasta de sal que haya en el recipiente, se revuelve completamente la solución y se determina su gravedad específica. En el momento de su empleo, la solución debe tener una gravedad específica entre 1.295 y 1.308. Si la solución está descolorida, se deberá desechar descartar o filtrar y comprobar su gravedad específica.

Nota 4: Para la solución, son suficientes 350 g de la sal anhidra o 1230 g de la heptahidratada por litro de agua para saturación a 23° C (73.4° F). No obstante, como estas sales no son completamente estables y puesto que es preferible que haya exceso de cristales en la solución, se recomienda emplear la sal heptahidratada en una cantidad no menor de 1400 g por litro de agua.

4.2 Solución de cloruro de bario – Se prepara una solución de cloruro de bario, disolviendo 5 g de $BaCl_2$ en 100 ml de agua destilada.

5 MUESTRAS

- 5.1** La muestra se debe obtener de acuerdo con la norma INV E–201 y reducir a la fracción requerida para el ensayo, de acuerdo con la norma INV E–202.
- 5.2** *Agregado fino* – El agregado fino debe pasar en su totalidad por el tamiz de 9.5 mm (3/8"). Su cantidad deberá ser suficiente para obtener 100 g de cada una de las fracciones que se indican a continuación. Si en la muestra original hay menos de 5 % de agregado en alguno de los pares de tamices, ese grupo no debe ser sometido a ensayo.

| PASA TAMIZ | RETENIDO EN TAMIZ |
|------------------|-------------------|
| 600 µm (No. 30) | 300 µm (No. 50) |
| 1.18 mm (No. 16) | 600 µm (No. 30) |
| 2.36 mm (No. 8) | 1.18 mm (No. 16) |
| 4.75 mm (No. 4) | 2.36 mm (No. 8) |
| 9.5 mm (3 /8") | 4.75 mm (No. 4) |

- 5.3** *Agregado grueso* – El agregado grueso debe ser un material del que se han retirado todas las fracciones inferiores al tamiz de 4.75 mm (No.4). Las partículas de estos tamaños removidos se ensayan de acuerdo con el procedimiento para el agregado fino. La muestra de agregado grueso debe tener el tamaño suficiente para obtener de ella las cantidades de las fracciones indicadas a continuación, cada una de las cuales debe estar presente en cantidad de 5 %, como mínimo.

| TAMICES | MASA, g | COMPOSICIÓN DEL MATERIAL |
|-------------------------------------|-------------|--|
| de 4.75 mm a 9.5 mm (No. 4 a 3/8") | 300 ± 5 | |
| de 9.5 mm a 19.0 mm (3/8" a ¾") | 1000 ± 10 | de 9.5 mm a 12.5 mm (3/8" a ½") 330 ± 5 g de 12.5 mm a 19.0 mm (½" a ¾") 670 ± 10 g |
| de 19.0 mm a 37.5 mm (¾" a 1 ½") | 1500 ± 50 | de 19.0 mm a 25.0 mm (¾" a 1") 500 ± 30 g de 25.0 mm a 37.5 mm (1" a 1 ½") 1000 ± 50 g |
| de 37.5 mm a 63 mm (1 ½" a 2 ½") | 5000 ± 300 | de 37.5 mm a 50 mm (1 ½" a 2") 2000 ± 200 g de 50 mm a 63 mm (2" a 2 ½") 3000 ± 300 g |
| de 63 mm a 75 mm (2 ½" a 3") | 7000 ± 1000 | |
| de 75 mm a 90 mm (3" a 3 ½") | 7000 ± 1000 | |
| de 90 mm a 100 mm (3 ½" a 4") | 7000 ± 1000 | |

- 5.4** Cuando el agregado que se va a ensayar contiene cantidades apreciables de ambos materiales, fino y grueso, teniendo una granulometría con más de 10 % de gruesos de tamaño mayor a 9.5 mm (3/8") y, también, más de 10 % de partículas menores de 4.75 mm (No. 4), se deben ensayar muestras separadas de las fracciones menor y mayor de 4.75 mm (No. 4), con los procedimientos respectivos para agregado fino y para agregado grueso. Los resultados se reportan por aparte para la fracción fina y la fracción gruesa, indicando los porcentajes de ellas en la granulometría inicial.

6 PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS

- 6.1** *Agregado fino* – La muestra de agregado fino se lava bien sobre el tamiz de 300 μm (No. 50); se seca hasta masa constante a una temperatura de $110 \pm 5^\circ\text{C}$ ($230 \pm 9^\circ\text{F}$) y se separa en las diferentes fracciones por medio de un tamizado realizado de la siguiente manera: Se efectúa primero una separación aproximada, por medio de un montaje de los tamices indicados en el numeral 5.2. De cada una de las fracciones obtenidas de esta forma se separa la suficiente cantidad de muestra para obtener 100 g, después de tamizar sobre el tamiz correspondiente hasta rechazo (en general, son suficientes unos 110 g). Las partículas de agregado fino que quedan atrapadas en la malla del tamiz, no se emplean en la preparación de las muestras. Se pesan las muestras de $100 \pm 1\text{ g}$ de cada una de las fracciones separadas después del tamizado final y luego se colocan en recipientes individuales para el ensayo.
- 6.2** *Agregado grueso* – La muestra de agregado grueso se lava bien, se seca hasta masa constante a una temperatura de $110 \pm 5^\circ\text{C}$ ($230 \pm 9^\circ\text{F}$) y se separa en las diferentes fracciones indicadas en el numeral 5.3, tamizando hasta que no pase más material por ningún tamiz. Se pesan fracciones de los diferentes tamaños dentro de las tolerancias indicadas en el numeral 5.3, y donde la fracción deba estar conformada por dos porciones según se indica en ese numeral, se pesa cada una por separado y luego se combinan para conformar la fracción respectiva. Se anotan las masas de las fracciones y de cada una de las porciones que las componen, cuando corresponda. En el caso de las fracciones con tamaño superior a 19 mm ($\frac{3}{4}''$), se anota también el número de partículas.

7 PROCEDIMIENTO

- 7.1 Inmersión y almacenamiento de las fracciones de agregado en la solución** – Las diferentes fracciones de la muestra total se sumergen en la solución de sulfato de sodio o de magnesio durante un período no menor de 16 horas ni mayor de 18 horas, de manera que el nivel de la solución las cubra por lo menos 12.5 mm ($\frac{1}{2}$ "). (nota 5). Los recipientes se deben cubrir para evitar la evaporación y la contaminación accidental con sustancias extrañas. Las muestras se deben mantener a una temperatura de $21 \pm 1^\circ\text{C}$ ($70 \pm 2^\circ\text{F}$), durante todo el período de inmersión.

Nota 5: En el caso de agregados livianos, es conveniente tapar con una rejilla pesada de alambre los recipientes que contienen las muestras.

- 7.2 Secado de las fracciones de agregado luego de la inmersión** – Después del período de inmersión, cada fracción se saca de la solución dejándola escurrir durante 15 ± 5 minutos y se la introduce en el horno, cuya temperatura se debe haber regulado previamente a $110 \pm 5^\circ\text{C}$ ($230 \pm 9^\circ\text{F}$). Se secan las fracciones a la temperatura indicada hasta masa constante. El tiempo requerido para obtener masa constante se establece de la siguiente manera: Con la máxima carga esperada de fracciones de la muestra total dentro del horno se verifica la pérdida de masa de ellas, removiéndolas y pesándolas sin dejarlas enfriar, a intervalos de 2 a 4 horas; se deben realizar las verificaciones que sean necesarias para determinar el tiempo de secado para la ubicación menos favorable en el horno (Ver numeral 3.6) y la condición más desfavorable de la muestra (nota 6). Se puede considerar que se ha alcanzado una masa constante, cuando la pérdida de masa es menor del 0.1 % luego de 4 horas de secado. Una vez alcanzada la masa constante se retiran las diferentes fracciones del horno y se permite su enfriamiento a temperatura ambiente, luego del cual se sumergen de nuevo en la solución, como se indica en el numeral 7.1. Se puede ayudar al enfriamiento de las fracciones usando aire acondicionado o un ventilador. La temperatura del material se debe verificar con un termómetro antes de llevar el material nuevamente a inmersión.

Nota 6: El tiempo requerido para alcanzar la masa constante puede variar considerablemente por muchas razones. La eficacia del secado disminuirá medida que se acumulan los ciclos, debido a que la sal se adhiere a las partículas y, en algunos casos, porque se aumenta el área superficial debido a que las partículas se parten. Las diferentes fracciones de agregado tendrán diferentes velocidades de secado. Las partículas más finas tienden a secarse más lentamente debido a que tienen mayor área superficial y más restringidos los vacíos interparticulares, pero esta tendencia se puede alterar por el efecto del tamaño y de la forma del recipiente que contiene la muestra.

- 7.3 Número de ciclos** – El proceso de inmersión y secado de las muestras se repite hasta completar el número especificado de ciclos.

Nota 7: Salvo indicación en contrario, el número de ciclos será cinco (5).

- 7.4** Después de terminado el último ciclo y de que todas las fracciones se han enfriado, se lavan hasta que queden exentas de sulfato de sodio o de magnesio, lo que se determina por la reacción del agua de lavado con elcloruro de bario. El lavado se realiza haciendo circular agua a $43 \pm 6^\circ\text{ C}$ ($110 \pm 10^\circ\text{ F}$) a través de las fracciones de agregado en sus recipientes, lo que se hace colocando éstos en un tanque en el cual se introduce el agua caliente cerca del fondo y permitiéndole pasar a través de los agregados hasta que rebose por encima de ellos. Durante la operación de lavado, las fracciones de agregado no se deben someter a efectos de impacto o abrasión que puedan quebrar las partículas.

Nota 8: Cuando en la operación de lavado se usa agua del acueducto que contiene sulfatos, ella se vuelve turbia con la solución de cloruro de bario (CaCl_2). Se requiere lavado adicional si la muestra del agua se torna turbia después de la adición de cloruro de bario.

8 EXAMEN CUANTITATIVO

- 8.1** El examen cuantitativo se debe realizar así:

- 8.1.1** Despues de remover todo el sulfato de sodio o de magnesio, cada fracción de la muestra se seca hasta masa constante a $110 \pm 5^\circ\text{ C}$ ($230 \pm 9^\circ\text{ F}$) y se pesa. Se tamiza el agregado fino sobre los mismos tamices en los que fueron retenidas sus fracciones antes del ensayo, y el agregado grueso sobre los tamices indicados más adelante en este mismo numeral, según el tamaño de las partículas. Para el agregado fino, el método y la duración del tamizado deben ser iguales a los usados para preparar la muestra de ensayo. Para el agregado grueso, el tamizado debe ser manual y con el suficiente agitado para que pasen las partículas de tamaño inferior a la abertura del tamiz. No se debe ejercer manipulación adicional para quebrar partículas u obligarlas a pasar por los tamices. Se determina la masa del material retenido en cada tamiz y se registra cada cantidad. La diferencia entre cada una de estas cantidades y la masa inicial de la fracción de la muestra ensayada, es la pérdida durante el ensayo, la cual se debe expresar como un porcentaje de la masa inicial para ser usado en la Tabla 220 - 1.

| TAMAÑO DEL AGREGADO | TAMIZ EMPLEADO PARA DETERMINAR LA PÉRDIDA |
|--|---|
| 100 mm - 90 mm ($4'' - 3\frac{1}{2}''$) | 75 mm (3") |
| 90 mm - 75 mm ($3\frac{1}{2}'' - 3''$) | 63 mm (2 $\frac{1}{2}$ ") |
| 75 mm - 63 mm ($3'' - 2\frac{1}{2}''$) | 50 mm (2") |
| 63 mm - 37.5 mm ($2\frac{1}{2}'' - 1\frac{1}{2}''$) | 31.5 mm (1 $\frac{1}{4}$ ") |
| 37.5 mm - 19.0 mm ($1\frac{1}{2}'' - \frac{3}{4}''$) | 16.0 mm (5/8") |
| 19.0 mm - 9.5 mm ($\frac{3}{4}'' - \frac{3}{8}''$) | 8.0 mm (5/16") |
| 9.5 mm - 4.75 mm ($\frac{3}{8}'' - \text{No. 4}$) | 4.00 mm (No. 5) |

9 EXAMEN CUALITATIVO

9.1 Se hace un examen cualitativo a las muestras de ensayo con tamaño mayor de 19.0 mm ($\frac{3}{4}$ "), como sigue (nota 9):

9.1.1 Se separan en grupos las partículas de cada muestra de ensayo, de acuerdo con el efecto que produce la acción del sulfato de sodio o magnesio (nota 9).

9.1.2 Se anota el número de partículas que muestran algún tipo de afectación.

Nota 9: La acción del sulfato se puede manifestar de muy diversas maneras; en general, se podrá clasificar como desintegración, fragmentación, rotura, agrietamiento, formación de lajas, descascaramiento, etc. Aunque solo se requiere el examen cualitativo de las partículas con tamaño mayor de 19.0 mm ($\frac{3}{4}$ "), se recomienda que también se examinen los tamaños inferiores, para observar si se ha producido una fragmentación excesiva.

Tabla 220 - 1. Formato sugerido para el registro de los datos (Con valores ilustrativos)

| TAMAÑO TAMIZ | GRADACIÓN DE LA MUESTRA ORIGINAL, % | MASA DE LAS FRACCIONES ANTES DEL ENSAYO, g | % QUE PASA EL TAMIZ DESIGNADO DESPUÉS DEL ENSAYO | PÉRDIDA PONDERADA EN PORCENTAJE |
|---|-------------------------------------|--|--|---------------------------------|
| Ensayo de solidez sobre el agregado fino | | | | |
| Menor de 150 µm (No. 100) | 6 | - | - | - |
| 300 µm (No. 50) a 150 µm (No. 100) | 11 | - | - | - |
| 600 µm (No. 30) a 300 µm (No. 50) | 26 | 100 | 4.2 | 1.1 |
| 1.18 mm (No. 16) a 600 µm (No. 30) | 25 | 100 | 4.8 | 1.2 |
| 2.36 mm (No. 8) a 1.18 mm (No. 16) | 17 | 100 | 8.0 | 1.4 |
| 4.75 mm (No. 4) a 2.36 mm (No. 8) | 11 | 100 | 11.2 | 1.2 |
| 9.55 mm ($\frac{3}{8}$ ") a 4.75 mm (No. 4) | 4 | - | 11.2 ^A | 0.4 |
| | 100.0 | - | - | 5 |
| Ensayo de solidez sobre el agregado grueso | | | | |
| 63 mm ($2\frac{1}{2}$ ") a 50 mm (2") | 20 | 4783 | 4.8 | 1.0 |
| 50 mm (2") a 37.5 mm ($1\frac{1}{2}$ ") | 45 | 1525 | 8.0 | 3.6 |
| 37.5 mm ($1\frac{1}{2}$ ") a 25.0 mm (1") | 23 | 1008 | 9.6 | 2.2 |
| 25 mm (1") a 19.0 mm ($\frac{3}{4}$ ") | 12 | 298 | 11.2 | 1.3 |
| Totales | 100.0 | - | - | 8 |

^A Se toma el porcentaje de pérdida del tamaño mayor más próximo, puesto que el tamaño en cuestión contiene menos de 5 % en la muestra original como fue recibida (Ver numeral 10.1.3.4)

10 INFORME

10.1 Se debe incluir la siguiente información (nota 10):

- 10.1.1** La masa de cada fracción de la muestra antes del ensayo.
- 10.1.2** Material de cada fracción de la muestra, más fino que el tamiz especificado en el numeral 8.1.1, en el tamizado posterior al ensayo, expresado como porcentaje de la masa de la fracción original.
- 10.1.3** Pérdida promedio ponderada, calculada a partir del porcentaje de pérdida de cada fracción, teniendo en cuenta la granulometría del material tal como se recibió en el laboratorio o, preferiblemente, teniendo en cuenta la granulometría promedio del material al cual representa la muestra, excepto que:
 - 10.1.3.1** Para agregados finos [con menos de 10 % mayor de 9.5 mm (3/8")], se asume que los tamaños inferiores al tamiz de 300 μm (No. 50) tienen pérdida igual a 0 % y que los tamaños superiores a 9.5 mm (3/8") tienen la misma pérdida que el tamaño inferior más próximo del cual se dispone de información.
 - 10.1.3.2** Para agregados gruesos [con menos del 10 % de material de tamaño inferior a 4.75 mm (No. 4)], se asume que los tamaños inferiores a 4.75 mm (No. 4) tienen la misma pérdida que el tamaño superior más próximo del cual se dispone de información.
 - 10.1.3.3** Para un agregado que contenga cantidades apreciables de materiales finos y gruesos, ensayados como dos muestras separadas (requisito establecido en el numeral 5.4), se calculan separadamente los promedios de pérdida en masa para las fracciones inferiores y superiores a 4.75 mm (No. 4), con base en granulometrías recalculadas considerando la fracción fina como el 100 % y la fracción gruesa como el 100 %. Se reportan los resultados por aparte, mencionando el porcentaje de las partículas inferiores y superiores a 4.75 mm (No. 4) en la gradación inicial.
 - 10.1.3.4** Con el propósito de calcular la pérdida promedio ponderada, se debe considerar que todo grupo de tamaños de los

numerales 5.2 y 5.3 que contenga menos del 5 % de la muestra, tiene una pérdida igual al promedio de las pérdidas de los tamaños menores y mayores más próximos, o si alguno de estos tamaños no existe, se considera la misma pérdida del tamaño mayor o menor más próximo que esté presente.

10.1.4 Se reporta el porcentaje de pérdida, aproximándolo al número entero más próximo.

10.1.5 En el caso de partículas cuyo tamaño era mayor de 19 mm ($\frac{3}{4}$ ") antes del ensayo, se informará: (1) el número de partículas de cada fracción antes del ensayo y, (2) el número de partículas afectadas, clasificadas según la acción, en la siguiente forma: agrietadas, partidas, escamosas, desintegradas, vueltas lajas, etc., como se muestra en la Tabla 220 - 2.

10.1.6 Tipo de solución empleada (sulfato de sodio o sulfato de magnesio) y si la solución era recién preparada o ya había sido usada con anterioridad.

Nota 10: La Tabla 220 - 1 se ha incluido dentro de esta norma solamente para ilustrar la manera como se pueden anotar los datos. Los valores numéricos mostrados en ella pudieran ser satisfactorios para cualquiera de los sulfatos, dependiendo de la calidad del agregado.

Tabla 220 - 2. Formato sugerido para el examen cualitativo (Con valores ilustrativos)

| TAMAÑO TAMIZ | PARTÍCULAS QUE EXHIBEN ALTERACIÓN | | | | | | | | NO. TOTAL DE PARTÍCULAS ANTES DEL ENSAYO | |
|--|-----------------------------------|----|----------------|---|---------------|---|-------------|---|--|--|
| | ROTURA | | DESINTEGRACIÓN | | AGRIETAMIENTO | | EXFOLIACIÓN | | | |
| | No. | % | No. | % | No. | % | No. | % | | |
| 63 mm (2 $\frac{1}{2}$ ") a 37.5 mm (1 $\frac{1}{2}$ ") | 2 | 7 | - | - | 2 | 7 | - | - | 29 | |
| 37.5 mm (1 $\frac{1}{2}$ ") a 19.0 mm ($\frac{3}{4}$ ") | 5 | 10 | 1 | 2 | 4 | 8 | - | - | 50 | |

11 PRECISIÓN Y SESGO

11.1 Precisión – Para agregados gruesos con pérdidas promedio ponderadas entre 6 % y 16 % utilizando sulfato de sodio, y entre 9 % y 20 % utilizando sulfato de magnesio, los índices de precisión son los siguientes:

| PARÁMETRO | COEFICIENTE DE VARIACIÓN (1s) PORCENTAJE | DIFERENCIA ENTRE 2 ENsayos (d2s) PORCENTAJE DEL PROMEDIO |
|--|---|--|
| <i>Varios laboratorios:</i> Sulfato de sodio Sulfato de magnesio | 41 25 | 116 71 |
| <i>Un solo operario</i> Sulfato de sodio Sulfato de magnesio | 24 11 | 68 31 |

11.2 Sesgo – Dado que no hay un material de referencia aceptable para la determinación del sesgo para este método de ensayo, no se presenta una declaración sobre el particular.

12 NORMAS DE REFERENCIA

12.1 ASTM C 88 – 05