

LIBRO: **MMP. MÉTODOS DE MUESTREO Y PRUEBA DE MATERIALES**

PARTE: **2. MATERIALES PARA ESTRUCTURAS**

TÍTULO: 02. Materiales para Concreto Hidráulico

CAPÍTULO: 028. Sanidad de los Agregados mediante Sulfato de Sodio o de Magnesio

A. CONTENIDO

Este Manual describe el procedimiento de prueba para determinar la sanidad de los agregados mediante la inmersión en soluciones saturadas de sulfato de sodio o sulfato de magnesio, a que se refiere la Norma N·CMT·2·02·002, *Calidad de Agregados Pétreos para Concreto Hidráulico*, en muestras tomadas conforme al Manual M·MMP·2·02·019, *Muestreo de Agregados Pétreos*.

B. OBJETIVO DE LA PRUEBA

Esta prueba permite determinar la resistencia a la desintegración de los agregados gruesos y finos empleados para la elaboración de concreto hidráulico, saturando el material en una solución de sulfato de sodio o de sulfato de magnesio, que pudiera disgregarlo, romperlo, desmoronarlo, agrietarlo o descascarillarlo, para determinar la pérdida de masa del material y el número de partículas que muestren algún tipo de daño.

C. REFERENCIAS

Son referencia de este Manual, la Norma N·CMT·2·02·002, *Calidad de Agregados Pétreos para Concreto Hidráulico* y el Manual M·MMP·2·02·019, *Muestreo de Agregados Pétreos*.

D. EQUIPO Y MATERIALES

El equipo para la ejecución de la prueba estará en condiciones de operación, calibrado, limpio y completo en todas sus partes. Todos los materiales por emplear serán de alta calidad, considerando siempre su fecha de caducidad.

D.1. JUEGO DE MALLAS

Fabricadas con alambre de bronce o de acero inoxidable de diversos calibres, tejidos en forma de cuadrícula, con las aberturas establecidas en la Tabla 1 de este Manual. El tejido estará sostenido mediante un bastidor circular metálico, de lámina de bronce o de latón, de 305 ± 2 mm de diámetro interno y de 68 ± 2 mm de altura, sujetando la malla rígida y firmemente mediante el sistema de engargolado de metales, a una distancia de 50 mm del borde superior del bastidor. Para cribar las partículas mayores de 4,75 mm (malla N°4) también se podrán utilizar mallas con bastidor cuadrado de 400 mm o más por lado, a fin de facilitar la operación.

D.2. RECIPIENTES PARA SATURACIÓN

Con capacidad suficiente para contener el volumen de la solución de sulfato de sodio o sulfato de magnesio, la canastilla para inmersión y el material pétreo para su saturación, preferentemente con tapa que permita un cierre hermético.

TABLA 1.- Juego de mallas

Unidades en mm

Malla		Variación permisible de la abertura promedio con respecto a la denominación de la malla	Abertura máxima permisible para no más del 5% de las aberturas de la malla	Abertura máxima individual permisible	Diámetro nominal del alambre ^[1]
Designación	Abertura nominal				
4 in	101,0	± 3,0	104,0	104,8	6,30
3½ in	89,0	± 2,7	93,6	94,4	6,30
3 in	75,0	± 2,2	78,1	78,7	5,80
2½ in	63,0	± 1,9	65,6	66,2	5,50
2 in	50,0	± 1,5	52,1	52,6	5,05
1½ in	37,5	± 1,1	39,1	39,5	4,59
1 in	25,0	± 0,8	26,1	26,4	3,80
¾ in	19,0	± 0,6	19,9	20,1	3,30
½ in	12,5	± 0,39	13,10	13,31	2,67
⅜ in	9,5	± 0,30	9,97	10,16	2,27
Nº4	4,75	± 0,15	5,02	5,14	1,54
Nº8	2,36	± 0,08	2,515	2,60	1,00
Nº16	1,18	± 0,45	1,270	1,330	0,650
Nº30	0,60	± 0,025	0,660	0,695	0,390
Nº50	0,30	± 0,014	0,337	0,363	0,215

[1] El diámetro promedio de los alambres que forman cualquier malla no variará de los valores nominales en 5% para mallas con aberturas mayores de 0,6 mm y 7,5% para mallas con aberturas de 0,6 mm a 0,125 mm.

D.3. CANASTILLAS PARA INMERSIÓN

Con capacidad suficiente para llevar a cabo la inmersión de los agregados en la solución elegida, perforadas de manera que permitan el libre acceso de la solución a los agregados y el drenaje de la solución sin pérdida de material y cuya masa sea conocida ($W_{Canast,i}$, en g, donde el subíndice i corresponde a la identificación de la canastilla por usar). Podrán utilizarse canastillas de malla de alambre o mallas con aberturas adecuadas para este fin siempre que cumplan con las características mencionadas.

D.4. BALANZAS

D.4.1. Para el caso de los agregados finos, una con capacidad mínima de 500 g y aproximación de 0,1 g.

D.4.2. Para el caso de los agregados gruesos, una con capacidad de 10 000 g y aproximación de 1,0 g.

D.5. REGULADOR DE TEMPERATURA

Para efectos de esta prueba, se contará con los dispositivos o medios capaces de medir y mantener las porciones de prueba a una temperatura de $21 \pm 1^\circ\text{C}$ durante el proceso de saturación en la solución de sulfato de sodio o sulfato de magnesio.

D.6. HORNO

Equipado con regulador de temperatura, capaz de mantener una temperatura de $110 \pm 5^\circ\text{C}$ y con capacidad suficiente para contener la porción de prueba.

D.7. HIDRÓMETRO

De vidrio, con rango de medición adecuado para líquidos con densidades relativas mayores de 1,0 y una aproximación de $\pm 0,001$.

D.8. PROBETA GRADUADA

De capacidad mayor de 200 mL y aproximación de 0,1 mL.

D.9. CHAROLAS

De lámina galvanizada, de forma rectangular y con las dimensiones suficientes para contener la muestra de agregados.

D.10. REACTIVOS

Se pueden utilizar otros grados de pureza distintos a los indicados más adelante, siempre que primero se compruebe que el reactivo es de una pureza suficientemente alta para permitir su uso sin disminuir la exactitud de la determinación. El reactivo para la preparación de la solución será uno de los siguientes:

D.10.1. Sulfato de sodio anhidro (Na_2SO_4) o decahidratado ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), grado químicamente puro (QP).

D.10.2. Sulfato de magnesio anhidro (MgSO_4) o heptahidratado cristalino ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), éste último conocido como sal de Epsom, grado químicamente puro (QP).

D.11. SOLUCIÓN DE CLORURO DE BARIO

Para lavar los agregados pétreos después de la saturación. Para la solución de bario se agregan en una probeta 100 mL de agua destilada y 5 g de cloruro de bario (BaCl_2) grado reactivo, el cual se agita hasta que el cloruro de bario quede completamente disuelto.

D.12. AGUA

Destilada.

D.13. CEPILLO

Con las dimensiones y cerdas adecuadas para desprender el material que se adhiera a las mallas.

D.14. TERMÓMETRO

Calibrado, con un rango de 0 a 150°C y aproximación de 1°C.

D.15. CUCHARÓN

De acero galvanizado de 20 cm de largo, 11 cm de ancho y 10 cm de altura, formando un cajón rectangular con cuatro caras, cuya cara menor tenga un mango metálico de sección circular de 13 cm de largo.

E. PREPARACIÓN DE LAS SOLUCIONES DE SULFATO DE SODIO O SULFATO DE MAGNESIO

Se prepara la solución elegida para la prueba, ya sea de sulfato de sodio o sulfato de magnesio de acuerdo con lo siguiente:

- E.1. La solución elegida se prepara con al menos 48 h de anticipación a la ejecución de la prueba y se mantiene almacenada a una temperatura de $21 \pm 1^\circ\text{C}$ en recipientes cubiertos o tapados herméticamente en tanto sea utilizada.
- E.2. El volumen de la solución por preparar será de al menos 5 veces el volumen de la porción de prueba.
- E.3. Las soluciones de sulfato de sodio o sulfato de magnesio obtenidas tendrán un exceso de cristales, lo cual es conveniente para la prueba debido a que las sales añadidas al agua destilada no son muy estables.

E.4. SOLUCIÓN DE SULFATO DE SODIO

El agua que se utilice para la solución estará a $22 \pm 1^\circ\text{C}$. Por cada litro de agua se adicionan al menos 350 g de sulfato de sodio anhidro (Na_2SO_4) o al menos 750 g de sulfato de sodio decahidratado ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$). Durante su preparación y al momento de utilizar la solución la mezcla se agita constantemente.

E.5. SOLUCIÓN DE SULFATO DE MAGNESIO

El agua que se utilice para la solución estará a $23 \pm 1^\circ\text{C}$. Por cada litro de agua se adicionan al menos 350 g de sulfato de magnesio anhidro (MgSO_4) o al menos 1400 g de sal de Epsom ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$). Durante su preparación y al momento de utilizar la solución la mezcla se agita constantemente.

- E.6. Antes de cada uso, si existe sal visible que no esté cristalizada en la solución elegida, ésta se agita nuevamente hasta desaparecer los grumos que se hayan formado. A continuación se determina la densidad de la solución, la cual estará en un rango de 1,15 a 1,17 para la solución de sulfato de sodio y de 1,30 a 1,31 para la solución de sulfato de magnesio.

F. PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS

La preparación de la muestra de agregados pétreos obtenida según se establece en el Manual M-MMP-2-02-019, *Muestreo de Agregados Pétreos*, se hace de la siguiente manera

- F.1. Cada muestra de agregados finos o de agregados gruesos se mezcla completamente.
- F.2. Se reduce la muestra por cuarteo de la siguiente manera:
 - F.2.1. Sobre una charola y utilizando el cucharón, se coloca el material formando un cono trunco, el cual se extiende hasta lograr una capa circular de espesor uniforme.
 - F.2.2. Se divide el material en cuatro partes iguales, con el material de dos cuadrantes opuestos se obtiene la porción de prueba para cada tipo de agregados pétreos de acuerdo con lo indicado en las Fracciones F.3. y F.4. de este Manual. Se tendrá cuidado de distribuir y de no perder el material fino en cada operación de cuarteo, para lo cual se podrá utilizar una brocha.
- F.3. De la muestra de agregados finos se obtiene una porción de 12 kg que se criba por la malla con abertura de 9,5 mm ($\frac{3}{8}$ in). El material que pasa dicha malla se lava en la malla con abertura de 0,30 mm (N°50) y se seca en el horno a $110 \pm 5^\circ\text{C}$ hasta masa constante. El material que se retiene se desecha. Una vez seca la porción de prueba se fracciona tomando al menos 110 g de cada uno de los tamaños indicados en la Tabla 2 de este Manual.
- F.4. De la muestra de agregados gruesos se obtiene una porción de prueba de tamaño tal que proporcione por lo menos las cantidades de los diferentes tamaños que se indican en la Tabla 3 de este Manual. La porción de prueba se criba por la malla con abertura de 4,75 mm (N°4), el material retenido se lava y se seca en el horno a $110 \pm 5^\circ\text{C}$ hasta masa constante y el material

que pasa se desecha. Una vez seca la porción de prueba se fracciona tomando la cantidad que se indica en la Tabla 3 de este Manual para cada uno de los tamaños allí señalados.

TABLA 2.- Tamaños de las fracciones de la porción de prueba de agregados finos

Unidades en mm

Pasa la malla		Retenido en la malla	
Designación	Abertura nominal	Designación	Abertura nominal
3/8 in	9,5	N°4	4,75
N°4	4,75	N°8	2,36
N°8	2,36	N°16	1,18
N°16	1,18	N°30	0,60
N°30	0,60	N°50	0,30

TABLA 3.- Tamaños de las fracciones de la porción de prueba de agregados gruesos

Fracción	Abertura de la malla mm	Masa de la porción de prueba de la muestra g
1	De 4,75 (N°4) a 9,50 (3/8 in)	300± 5
2	De 9,50 (3/8 in) a 19,0 (3/4 in):	1 000± 10
	De 9,5 (3/8 in) a 12,5 (1/2 in)	330± 5
	De 12,5 (1/2 in) a 19,0 (3/4 in)	670± 10
3	De 19,0 (3/4 in) a 37,5 (1 1/2 in):	1 500± 50
	De 19,0 (3/4 in) a 25,0 (1 in)	500± 30
	De 25,0 (1 in) a 37,5 (1 1/2 in)	1 000± 50
4	De 37,5 (1 1/2 in) a 63,0 (2 1/2 in):	5 000± 300
	De 37,5 (1 1/2 in) a 50,0 (2 in)	2 000± 200
	De 50,0 (2 in) a 63,0 (2 1/2 in)	3 000 ± 300
Tamaños mayores con incrementos de 12,5 (1/2 in) en el tamaño de la malla, cada fracción:		
5	De 63,0 (2 1/2 in) a 75,0 (3 in)	7 000 ± 1 000
6	De 75,0 (3 in) a 89,0 (3 1/2 in)	7 000 ± 1 000
7	De 89,0 (3 1/2 in) a 101,0 (4 in)	7 000 ± 1 000

F.5. Los tamaños a que se refieren las Fracciones F.3. y F.4. de este Manual estarán presentes en cantidades de al menos 5%; cuando no se cumpla con esta condición para alguno de los tamaños indicados en esas Tablas, ese tamaño no se probará y en su lugar se considerará en los cálculos de los resultados de la prueba, que ese tamaño tiene la misma pérdida al ser tratado con sulfato de sodio o sulfato de magnesio que el promedio de los tamaños inmediatos superior e inferior o, en el caso de faltar uno de estos tamaños, se considera que tiene la misma pérdida que el siguiente tamaño mayor o menor, cualquiera de los dos que esté presente.

F.6. Para obtener las fracciones de la porción de prueba a que se refieren las Fracciones F.3. y F.4. de este Manual, se utiliza el conjunto de mallas señaladas en la Tabla 2 o en la Tabla 3 de este Manual, según sea el caso y se ensamblan descendientemente de mayor a menor abertura. El material se criba a través de las mallas y de cada malla se toman 105 ± 5 g del material retenido para el caso de agregados finos o, para el caso de agregados gruesos, las cantidades indicadas en la Tabla 3. El material tomado de la primera malla se deposita en una canastilla para inmersión, se pesa el conjunto y de la masa obtenida se resta la masa de la canastilla ($W_{Canastilla}$) con lo que

se determina la masa inicial de la fracción respectiva correspondiente que se registra como W_{S_i} para agregados finos o W_{G_i} para agregados gruesos, en g, donde el subíndice i corresponde a la designación de dicha malla. Lo mismo se realiza para el material retenido en cada malla hasta completar las fracciones requeridas para la prueba. Cuando la fracción contenga partículas con tamaño mayor de 19,0 mm ($\frac{3}{4}$ in), durante el llenado de la canastilla se cuentan sus partículas cuyo número se registra como n_i , donde i tiene el mismo significado antes referido. Finalmente, cada fracción contenida en su canastilla se prueba siguiendo el procedimiento descrito en la Cláusula G.

- F.7.** Si se tienen muestras con los agregados fino y grueso mezclados, el material se separa en dos tamaños utilizando la malla con abertura 4,75 mm (Nº 4) y se preparan separadamente las porciones de prueba de agregados finos o de agregados gruesos, de acuerdo con lo indicado en las Fracciones F.1. a F.6. de este Manual.

G. PROCEDIMIENTO DE LA PRUEBA

- G.1.** En recipientes para saturación con solución de sulfato de sodio o de sulfato de magnesio se lleva a cabo la inmersión de las canastillas con las fracciones de la porción de prueba y se dejan saturar dentro de la solución durante un periodo entre 16 y 18 horas a una temperatura de $21 \pm 1^\circ\text{C}$, de tal manera que todas las partículas queden sumergidas con un tirante libre de al menos 15 mm. En el caso de agregados muy ligeros, el recipiente se puede cubrir con parrillas de alambre y contrapesos a fin de que los agregados queden sumergidos. Finalmente se cubre el recipiente para reducir la evaporación y para prevenir la adición accidental de sustancias extrañas durante la saturación.
- G.2.** Una vez concluido el periodo de saturación, se sacan de la solución las canastillas con las fracciones de la porción de prueba, se dejan escurrir durante 15 ± 5 min y se secan en el horno a una temperatura de $110 \pm 5^\circ\text{C}$ hasta masa constante con lo cual se habrá concluido un ciclo de la prueba.
- G.3.** Se repite el proceso descrito en las Fracciones G.1. y G.2. de este Manual hasta completar 5 ciclos.
- G.4.** Una vez concluido el último ciclo y que las fracciones de la porción de prueba se han enfriado, cada una de éstas en su respectiva canastilla se lava con la solución de cloruro de bario (BaCl_2) hasta que quede libre de la solución de sulfato de sodio o sulfato de magnesio; posteriormente se hace circular agua a una temperatura de $100 \pm 5^\circ\text{C}$ a través de la fracción contenida en la canastilla hasta que se observe que el material está limpio y el agua sale clara. Después de que la solución de sulfato de sodio o sulfato de magnesio ha sido eliminada de la fracción, ésta se seca en el horno a una temperatura de $110 \pm 5^\circ\text{C}$ hasta masa constante.

G.5. EXAMEN CUANTITATIVO

Una vez secas las fracciones de la porción de prueba como se indica en la Fracción G.4. de este Manual, cada fracción se criba a través de la malla de la que fue tomada antes de la saturación, para lo cual se realiza lo siguiente:

- G.5.1.** Se trabaja individualmente cada malla usando tres charolas rectangulares; en la primera se coloca la fracción que se cribará.
- G.5.2.** Dentro de la segunda charola se pone la malla de la que se obtuvo la fracción con partículas de mayor tamaño y se agita con ambas manos, verificando que todas las partículas tengan movimiento sobre la malla; cuando ya no pase material, el retenido en ella se coloca en la tercera charola. Si la fracción que se criba es más grande que lo que admite la malla, con el cucharón se colocan en ella partes de la fracción en cantidad tal que no se tenga más de una capa de partículas y se procede como se indica en este Inciso hasta completar el cribado

de toda la fracción. Se repite este procedimiento para cada una de las fracciones de la porción de prueba.

- G.5.3.** Una vez cribada cada fracción se determina la masa del material retenido y se registra como W_{Sf_i} para agregados finos o W_{Gf_i} para agregados gruesos, en g, donde el subíndice i corresponde a la designación de la malla correspondiente a la fracción cribada.

G.6. EXAMEN CUALITATIVO

- G.6.1.** De cada fracción de la porción de prueba de agregados gruesos, que tenga partículas más grandes de 19 mm ($\frac{3}{4}$ in), se separan las partículas por grupos dependiendo del daño producido en ellas por el efecto de la solución de sulfato de sodio o sulfato de magnesio, como disgregación, ruptura, desmoronamiento, agrietamiento y descascarillado, entre otros.
- G.6.2.** Se cuenta y registra el número de partículas por fracción del material que muestran cada tipo de daño.

H. CÁLCULOS Y RESULTADOS

Para ambos agregados se calcula y reporta lo siguiente:

- H.1.** La masa retenida inicial de cada fracción de agregados finos W_{S_i} o de agregados gruesos W_{G_i} , donde i corresponde a la designación de la malla, ambos en g.
- H.2.** La masa retenida de cada fracción después de la saturación de agregados finos W_{Sf_i} o de agregados gruesos W_{Gf_i} , donde i corresponde a la designación de la malla, ambos en g.
- H.3.** La pérdida de material de cada fracción de agregados finos P_{S_i} o de agregados gruesos P_{G_i} , determinada mediante las siguientes expresiones:

$$P_{S_i} = \frac{W_{S_i} - W_{Sf_i}}{W_{S_i}} \times 100 \quad \text{y} \quad P_{G_i} = \frac{W_{G_i} - W_{Gf_i}}{W_{G_i}} \times 100$$

Donde:

P_{S_i} = Pérdida de material de cada fracción de agregados finos, (%)

W_{S_i} = Masa retenida inicial de cada fracción de agregados fino, (g)

W_{Sf_i} = Masa retenida de cada fracción de agregados finos después de la saturación, (g)

P_{G_i} = Pérdida de material de cada fracción de agregados gruesos, (%)

W_{G_i} = Masa retenida inicial de cada fracción de agregados gruesos, (g)

W_{Gf_i} = Masa retenida de cada fracción de agregados gruesos después de la saturación, (g)

i = Designación de la malla correspondiente a la fracción de agregados finos o agregados gruesos como se indica en las Tablas 2 y 3, respectivamente, de este Manual

- H.4.** La pérdida compensada de material de cada fracción de agregados finos, PC_{S_i} , o de agregados gruesos, PC_{G_i} , determinada mediante una de las siguientes expresiones, considerando la granulometría de la muestra que se recibió en el laboratorio o, de preferencia, la granulometría media del material de donde se obtuvo la muestra:

$$PC_{S_i} = \frac{P_{S_i}}{100} \times r_i \quad \text{y} \quad PC_{G_i} = \frac{P_{G_i}}{100} \times r_i$$

Donde:

- PC_{S_i} = Pérdida compensada de material de cada fracción de agregados finos, (%), con aproximación a la unidad
- P_{S_i} = Pérdida de material de cada fracción de agregados finos, (%)
- PC_{G_i} = Pérdida compensada de material de cada fracción de agregados gruesos, (%), con aproximación la unidad
- P_{G_i} = Pérdida de material de cada fracción de agregados grueso, (%)
- r_i = Retenido en la malla i , (%), correspondiente a la granulometría del material
- i = Designación de la malla respectiva como se indica en las Tablas 2 y 3 de este Manual

H.5. La sanidad de la muestra en términos de la pérdida total de los agregados finos PM_S o de los agregados gruesos PM_G determinada como la suma de las pérdidas compensadas de cada una de las fracciones, a las que se refiere la Fracción anterior. Para el cálculo de la pérdida de la muestra se puede utilizar el formato que se muestra en la Tabla 4 de este Manual, considerando durante los cálculos lo siguiente:

H.5.1. Para muestras de agregados gruesos que tengan menos de 10% de partículas más chicas que la malla N°4 (4,75 mm), se considera que los tamaños más chicos que esa malla tienen la misma pérdida que el tamaño siguiente mayor del que se disponga de datos de prueba.

H.5.2. Para muestras de agregados gruesos que tengan más de 10% de partículas más chicas que la malla N°4 (4,75 mm) o muestras de agregados finos que tengan más de 10% de partículas más grandes que dicha malla, se considera lo retenido en esa malla como el 100% de agregados gruesos y lo que pasa como el 100% de agregados finos.

H.5.3. Para muestras de agregados finos que tengan menos de 10% de partículas más grandes que la malla $\frac{3}{8}$ in (9,5 mm), se considera que los tamaños más chicos que la malla N°50 (0,30 mm) tienen 0% de pérdida y que los tamaños mayores que la malla de $\frac{3}{8}$ in (9,5 mm) tienen la misma pérdida que el tamaño siguiente menor del que se disponga de datos de prueba.

H.5.4. Para el cálculo de la pérdida de cada una de las fracciones de la porción de prueba, si el material de una fracción no está presente en al menos 5% de la granulometría, esa fracción no se probará, en su lugar se considerará en los cálculos que dicha fracción tiene la misma pérdida al ser tratado con sulfato de sodio o sulfato de magnesio, que el promedio de las pérdidas de las fracciones inmediatas con materiales de mayor y de menor tamaño; en el caso de faltar una de las fracción inmediatas, se considerará que la fracción que no se probara por insuficiente tiene la misma pérdida que la siguiente fracción inmediata de la que sí se tenga información de la prueba.

H.6. En el caso de partículas más grandes de 19,0 mm ($\frac{3}{4}$ in) se reportará lo siguiente:

H.6.1. El número de partículas de cada fracción antes de la prueba, a las que se refiere la Fracción F.6. de este Manual.

H.6.2. El número de partículas dañadas en cada fracción del material, clasificadas en función del daño que presentan, pudiendo ser: disgregación, ruptura, desmoronamiento, agrietamiento y descascarillado, entre otros; indicando el porcentaje de partículas dañadas respecto del total de partículas que integran la fracción de material examinado. Para esta clasificación se puede utilizar el formato mostrado en la Tabla 5 de este Manual.

H.7. El tipo de solución utilizada (sulfato de sodio o sulfato de magnesio).

TABLA 4. - Formato para la determinación de la sanidad en agregados mediante sulfato de sodio o sulfato de magnesio

Solución utilizada:						
Abertura de la malla mm		Granulometría Retenido de la muestra original % r_i	Masa por fracción g		Pérdida de material % P_{S_i} ó P_{G_i}	Pérdida compensada % PC_{S_i} ó PC_{G_i}
Pasa	Retenido		Antes de la prueba W_{S_i} ó W_{G_i}	Después de la prueba $W_{S_f_i}$ ó $W_{G_f_i}$		
Sanidad del agregado fino						
9,5 (3/8 in)	4,75 (N°4)					
4,75 (N°4)	2,36 (N°8)					
2,36 (N°8)	1,18 (N°16)					
1,18 (N°16)	0,60 (N°30)					
0,60 N° (30)	0,30 (N°50)					
0,30 (N°50)	0,15 (N°100)					
Menor de 0,15 mm (N°100)						
Pérdida de la muestra PM_s , %						
Sanidad del agregado grueso						
101,0 (4 in)	89,0 (3 1/2 in)					
89,0 (3 1/2 in)	75,0 (3 in)					
75,0 (3 in)	63,0 (2 1/2 in)					
63,0 (2 1/2 in)	37,5 (1 1/2 in)					
37,5 (1 1/2 in)	19,00 (3/4 in)					
19,00 (3/4 in)	9,50 (3/8 in)					
9,50 (3/8 in)	4,75 (N°4)					
Pérdida de la muestra PM_G , %						

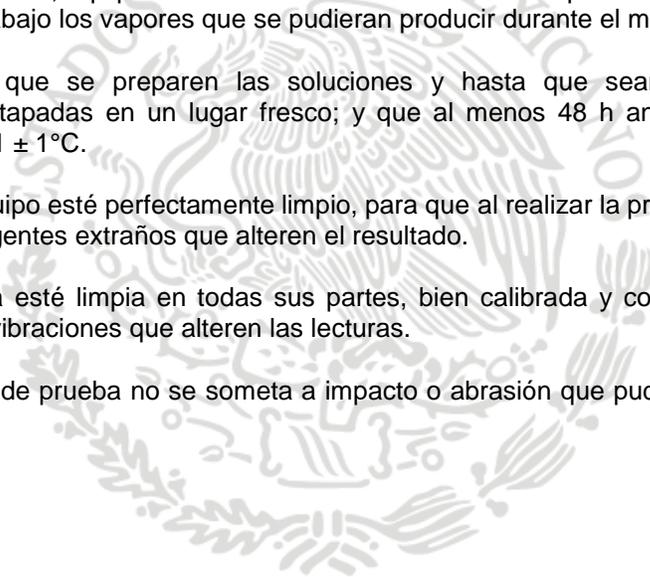
TABLA 5.- Formato para reportar el examen cualitativo de las partículas de los agregados gruesos con partículas mayores de 19,0 mm (3/4 in)

Abertura de la malla mm (in)	Daño en las partículas mayores de 19,0 mm (3/4 in)										Número de partículas antes de la prueba n_i
	Disgregación		Ruptura		Desmoronamiento		Agrietamiento		Descascarillado		
	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	
De 19,0 (3/4) a 37,5 (1 1/2)											
De 37,5 (1 1/2) a 63,0 (2 1/2)											
De 63,0 (2 1/2) a 75,0 (3)											
De 75,0 (3) a 89,0 (3 1/2)											
De 89,0 (3 1/2) a 101,0 (4)											

I. PRECAUCIONES PARA EVITAR ERRORES

Para evitar errores durante la ejecución de la prueba, se observarán las siguientes precauciones:

- I.1. Que la prueba se realice en un lugar cerrado, limpio y libre de cambios de temperatura y de partículas que provoquen la contaminación de la muestra y su porción de prueba, con ventilación indirecta abundante, equipado con un sistema de extracción capaz de expulsar eficazmente del ambiente de trabajo los vapores que se pudieran producir durante el manejo de los reactivos.
- I.2. Que una vez que se preparen las soluciones y hasta que sean utilizadas se guarden perfectamente tapadas en un lugar fresco; y que al menos 48 h antes de ser utilizadas, se almacenen a $21 \pm 1^\circ\text{C}$.
- I.3. Que todo el equipo esté perfectamente limpio, para que al realizar la prueba los materiales no se mezclen con agentes extraños que alteren el resultado.
- I.4. Que la balanza esté limpia en todas sus partes, bien calibrada y colocada en una superficie horizontal, sin vibraciones que alteren las lecturas.
- I.5. Que la porción de prueba no se someta a impacto o abrasión que pudiera alterar las partículas del material.



SCT

SECRETARÍA DE
COMUNICACIONES
Y TRANSPORTES

SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES



SUBSECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA
DIRECCIÓN GENERAL DE SERVICIOS TÉCNICOS
AV. COYOACÁN 1895
COL. ACACIAS
CIUDAD DE MÉXICO, 03240
WWW.GOB.MX/SCT

INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE
NUEVA YORK 115, 4o PISO
COL. NÁPOLES
CIUDAD DE MÉXICO, 03810
WWW.IMT.MX
NORMAS@IMT.MX