

**ANEXO 5**

**Procedimientos para ejecutar los  
Ensayos en los materiales, regidos  
bajo Normas ASTM**

## **CUARTEO MECANICO DE MUESTRAS**

Norma INEN : 695

Norma AASHTO :

Norma ASTM : C 702-98

### **A. ALCANCE**

El material obtenido en el campo debe ser siempre mayor que la cantidad de muestra requerida para el ensayo; el material debe ser reducido en cantidad de acuerdo al ensayo que se va a practicar, generalmente se obtienen los mejores resultados usando un cuarteador metálico de un tamaño adecuado.

### **B. EQUIPO**

1. Cuarteador mecánico con sus respectivas bandejas
2. Bandeja rectangular de largo del cuarteador

### **C. PROCEDIMIENTO**

1. Se coloca el material a cuartear en la bandeja
2. Se coloca la bandeja paralela al cuarteador y se deja caer el material uniformemente a través del cuarteador.
3. Se toma una de las porciones y se desecha; con la otra se vuelve a repetir el proceso de cuarteo, hasta que la cantidad de material sea igual a la requerida para el ensayo.

## **GRANULOMETRIA DE LOS AGREGADOS**

Norma INEN : 696

Norma AASHO : T-27

Norma ASTM : C-136

## A.- ALCANCE

Este método cubre el procedimiento para la determinación de la distribución granulométrica de agregados finos y gruesos, usando tamices de abertura cuadrada o redonda.

## A. EQUIPO

1. Balanza (Para agregado fino: sensibilidad 0.1 g ó 0,1% de la masa de muestra a ensayarse. Para agregado grueso: sensibilidad 0.5 g ó 0.1% el que sea mayor )
2. Tamices (se utilizarán de acuerdo a la tabla 2)
3. Horno (temperatura uniforme  $105 \pm 5^\circ \text{C}$ )
4. Tamizadora mecánica
5. Charola
6. Bandeja

TABLA 1. TAMICES PARA GRANULOMETRIA

AGREGADO GRUESO	Pulg.	2,	1 ½,	1,	¾,	½,	3/8,	No. 4
	mm.	50.8,	38.1,	25.4,	19.0,	12.7,	9.51,	4.76
AGREGADO FINO	Pulg.	No. 4	No. 8,	No. 16,	No. 30,	No. 50,	No.100	
	Mm.	4.76,	2.36,	1.190,	0.595,	0.297,	0.142	

## B. PREPARACION DE LAS MUESTRAS

1. La muestra que se va a ensayar debe ser obtenido por cuarteo
2. La muestra debe ser secada al horno ( $105 \pm 5^\circ \text{C}$ ), hasta que no exista pérdida de masa.
3. La muestra para el ensayo tendrá una cantidad aproximada a la deseada cuando esté seca y será al final resultado de la reducción. No se permitirá una reducción a una cantidad exacta predeterminada.

4. La masa de muestra para agregado fino, después de secada, será mínimo de 300 g.
5. La masa de muestra para agregado grueso, después de secada, no debe ser menor al material dado en la tabla 4.

TABLA 2: MASA MINIMA DE MUESTRA PARA AGREGADO GRUESO

<i>TAMAÑO MÁXIMO</i>		<i>MASA MINIMA</i>
<i>Pulg.</i>	<i>mm.</i>	
<i>3/8</i>	<i>9.51</i>	<i>1.0</i>
<i>1/2</i>	<i>12.70</i>	<i>2.0</i>
<i>3/4</i>	<i>19.00</i>	<i>5.0</i>
<i>1</i>	<i>25.40</i>	<i>10.0</i>
<i>1 1/2</i>	<i>38.10</i>	<i>15.0</i>
<i>2</i>	<i>50.80</i>	<i>20.0</i>
<i>2 1/2</i>	<i>62.75</i>	<i>35.0</i>

6. En caso de tratarse de mezcla de agregado fino y agregado grueso; el tamaño de la muestra de mezclas de agregado grueso y fino para el ensayo serán iguales a las del agregado grueso mostradas en la tabla anterior.
7. En el caso de tener agregado grueso de gran tamaño (agregado con tamaño nominal de 50 mm. O mayor tal que impida una reducción conveniente de la muestra y se pueda ensayar como una unidad excepto con cuarteadores grandes y tamizadoras mecánicas.), una opción es sustituir la combinación y mezcla de incrementos de muestra y reducir la muestra extraída en campo para el tamaño de ensayo, conducir el análisis del tamizado en un número de incrementos aproximadamente igual al total de la muestra ensayada, de modo que esté conforme a lo mencionado en la tabla # 2.

#### C. PROCEDIMIENTO

1. Coloque la serie de tamices en orden descendente, el de mayor abertura en la parte superior y al final de la serie coloque la charola.
2. Ponga la muestra en el tamiz superior de la serie.

3. El proceso de tamizado puede hacerse manual o mecánicamente, y consiste en movimientos horizontales con rotación y pequeños golpes verticales.
4. El tiempo de tamizado es variable; se debe tamizar hasta que el material que pase no sea mayor al 1% del material que se retiene en cada tamiz.
5. Se determina la masa de material que se retiene en cada tamiz; también se incluye la masa de material que se retiene en la charola (Foto No. 22).

#### D. CALCULOS Y RESULTADOS

1. En cada tamiz se calcula la masa retenida acumulada; está es igual a la suma de la masa retenida en el tamiz más las masas retenidas en los tamices de mayor abertura.
2. Se calcula el porcentaje retenido, para cada tamiz, que está por la siguiente relación:

$$\% \text{ Retenido} = \frac{\text{Masa retenida acumulada}}{\text{Masa de la muestra}} \times 100$$

3. Se calcula el porcentaje que pasa en cada tamiz, utilizando la fórmula siguiente:

$$\% \text{ Pasa} = 100 - \% \text{ Retenido}$$

4. Los resultados deben incluir:
  - 4.1. Masa retenida parcial.
  - 4.2. Masa retenida acumulada.
  - 4.3. Porcentaje retenido.
  - 4.4. Porcentaje que pasa.

#### CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL DE LOS AGREGADOS

Norma INEN : 862

Norma AASHO : T-55

Norma ASTM : C-566

A.- ALCANCE

Cubre la determinación del porcentaje de humedad evaporable en una muestra de agregado; por secado.

A. EQUIPO

1. Balanza (sensibilidad 0,1% de la masa de muestra)
2. Horno (temperatura uniforme  $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$ )
3. Recipientes cilíndricos
4. Pala pequeña

B. PREPARACION DE LA MUESTRA

La cantidad de muestra debe ser representativa del material que quiere ensayarse, y en ningún caso deberá ser menor al de la tabla 6.

TABLA 6: MASA MINIMA DE MUESTRA

<i>TAMAÑO MAXIMO NOMINAL</i>		<i>MASA MINIMA</i>
<i>Pulg.</i>	<i>mm.</i>	<i>Kg</i>
<i>No. 4</i>	<i>4.75</i>	<i>0.5</i>
<i>3/8</i>	<i>9.5</i>	<i>1.5</i>
<i>1/2</i>	<i>12.50</i>	<i>2.0</i>
<i>1/4</i>	<i>19.00</i>	<i>3.0</i>
<i>1</i>	<i>25.0</i>	<i>4.0</i>
<i>1 ½</i>	<i>37.5</i>	<i>6.0</i>
<i>2</i>	<i>50.0</i>	<i>8.0</i>
<i>2 ½</i>	<i>63.00</i>	<i>10.0</i>
<i>3</i>	<i>75.0</i>	<i>13.0</i>

D. PROCEDIMIENTO

1. Se determina la masa de la muestra húmeda.

2. Se seca las muestras en el horno a una temperatura uniforme ( $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$ ).
3. Se determina la masa de muestra cada intervalo de dos horas; cuando no existe variación de masa en la muestra durante dos intervalos consecutivos, se saca la muestra del horno y se deja enfriar.
4. Se determina la masa de la muestra seca

#### E. CALCULOS Y RESULTADOS

La humedad total de la muestra se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$W\% = \frac{M - A}{A} \times 100$$

En donde:

W%	=	Contenido de humedad natural (%)
M	=	Masa de la muestra original (g.)
A	=	Masa de la muestra seca (g.)

#### **GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DEL AGREGADO FINO**

Norma INEN	:	856
Norma AASHO	:	T – 84
Norma ASTM	:	C – 127

#### A.- ALCANCE

Se usa para determinar la gravedad específica Bulk, la gravedad específica saturada con superficie seca, la gravedad específica aparente y la absorción del agregado fino. La gravedad específica Bulk es el valor que generalmente se requiere para cálculos relacionados con el hormigón de cemento Pórtland.

#### A. EQUIPO

1. Balanza (capacidad 1 Kg. O más, sensibilidad 0,1 g.)

2. Matriz (capacidad 500 cm<sup>3</sup>)
3. Molde cónico (30 mm. de diámetro en la parte superior, 89 mm. de diámetro en la parte inferior y 73 mm. de altura)
4. Barra compactadora (340 g. de masa, con un extremo de superficie plana circular de 25 mm. de diámetro)
5. Horno (temperatura uniforme  $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$ )
6. Recipiente

B. PREPARACION DE LA MUESTRA

1. Se selecciono una muestra de 1 Kg. Más o menos: obtenida por cuarteo.
2. Se seca la muestra en el horno a una temperatura uniforme ( $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ ), durante un período de 24 horas.0000
3. Se saca la muestra del horno, se coloca dentro de un recipiente lleno de agua y se deja reposar la muestra por un período de 24 horas.
4. Se saca la muestra del recipiente y se extiende sobre una superficie plana expuesta a una corriente suave de aire tibio.
5. Se remueve periódicamente el agregado, para garantizar un secado uniforme.
6. Con el fin de inspeccionar la condición de humedad de la muestra, se coloca el agregado fino en forma suelta en el molde cónico, se golpea la superficie suavemente 25 veces con la barra compactadora y se levante el molde verticalmente.
  - 6.1. Si la muestra conserva la forma cónica del molde, existe humedad libre; por lo tanto hay que seguir secando.
  - 6.2. Si la muestra se desparrama conservando una cierta forma cónica, se dice que está saturada con superficie seca y por lo tanto lista para ser utilizada en el ensayo.
  - 6.3. Si la muestra se desparrama completamente, esto indica que se ha secado más de lo necesario, por consiguiente se rociará con agua la muestra y se deja reposar por un tiempo de 30 minutos, antes de volver a colocar el cono.



C. PROCEDIMIENTO

1. Se toma una muestra de 500 g. de masa
2. Se determina la masa de matraz.
3. Se introduce la muestra en el matraz, luego se llena de agua hasta alcanzar casi la marca de 500 cm<sup>3</sup> a una temperatura de 20°C.
4. Con el fin de eliminar las burbujas de aire se hace rodar el matraz sobre si mismo en una superficie plana, luego se coloca en un baño de temperatura constante, manteniéndolo a 20°C.
5. Cuando se observa que no existen burbujas de aire, se llena con agua hasta la marca de 500 cm<sup>3</sup> y se determina la masa del conjunto matraz, agua y muestra.
6. Se saca el agregado fino del matraz, y se seca la muestra en el horno a una temperatura uniforme (105 ± 5°C)
7. Se determina la masa de muestra cada intervalo de dos horas, cuando no existe variación de masa en la muestra durante dos intervalos consecutivos, se saca la muestra del horno y se deja enfriar.
8. Se determinó la masa de la muestra seca.

D. CALCULOS Y RESULTADOS

1. Se determina la masa de agua añadida al matraz, con la siguiente relación:

$$Ma = Mmw - (Mm + B)$$

En donde:

Ma = Masa de agua añadida al matraz (g.)

Mm = Masa del matraz (g.)

Mmw = Masa del conjunto matraz, agua y muestra (g.)

B = Masa de la muestra saturada con superficie  
seca (g.)

2. Se calcula la gravedad específica Bulk, con la siguiente relación:

$$Ge = \frac{A}{500 - Ma}$$

en donde:

$G_e$  = Gravedad específica Bulk

$A$  = Masa de la muestra seca (g.)

3. La gravedad específica saturada con superficie seca se calcula con la siguiente relación:

$$G_{es} = \frac{B}{500 - M_a}$$

en donde:

$G_{es}$  = gravedad específica del material saturado  
don superficie seca

4. La gravedad específica aparente se calcula con la siguiente fórmula:

$$G_{ea} = \frac{A}{500 + A + M_m - M_{mw}}$$

en donde:

$G_{ea}$  = gravedad específica aparente

5. Se calcula el porcentaje de absorción con la siguiente relación:

$$A_b = \frac{B - A}{A} \times 100$$

En donde:

$A_b$  = Porcentaje de absorción

## **1.8 GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DEL AGREGADO GRUESO**

Norma INEN : 857

Norma AASHO : T-85

Norma ASTM : C-128

## A.- ALCANCE

Se usa para determinar la gravedad específico Bulk, la gravedad específica saturada con superficie seca, la gravedad específica aparente y la absorción del agregado grueso. La gravedad específica Bulk es el valor que generalmente se requiere para cálculos relacionados con el hormigón de cemento Pórtland.

## A. EQUIPO

1. Balanza hidrostática (capacidad de 5 Kg o más sensibilidad de 0,5 g. o menos)
2. Cesta cilíndrica de alambre (de malla con abertura No. 8 de aproximadamente 20 cm. de diámetro y 20 cm. de altura)
3. Recipiente cilíndrico (capacidad suficiente para sumergir la cesta de alambre en agua)
4. Bandeja

## B. PREPARACION DE LA MUESTRA

1. La muestra se obtendrá por cuarteo, y deberá ser de 5 Kg más o menos; debe ser de tal naturaleza que todas las partículas se retengan en el tamiz No. 4 (4.76 mm..)
2. Se lava completamente la muestra para eliminar el polvo u otras impurezas superficiales de las partículas.
3. Se seca la muestra en el horno a una temperatura uniforme ( $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ ), durante un período de 24 horas.
4. Se saca la muestra del horno, se coloca dentro de un recipiente lleno de agua y se deja reposar la muestra por un período de 24 horas.
5. Se saca la muestra del agua y se la hace rodar sobre un paño grande absorbente, hasta que la película de agua haya desaparecido de la superficie. Durante esta operación se debe evitar la evaporación.

## C. PROCEDIMIENTO

1. Se determina la masa de la muestra saturada con superficie seca.

2. Se toma la muestra y se coloca en la cesta de alambre; luego se sumerge la muestra en el agua y se determina la masa de la muestra sumergida.
3. Se saca la muestra del agua y se seca en el horno a temperatura uniforme ( $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ ).
4. Se determina la masa de la muestra cada intervalo de dos horas; cuando no existe variación de masa en la muestra durante dos intervalos consecutivos, se saca la muestra del horno y se deja enfriar.
5. Se determina la masa de la muestra seca.

#### D. CALCULOS Y RESULTADOS

1. La gravedad específica Bulk, se calcula con la siguiente relación:

$$Ge = \frac{A}{B - C}$$

En donde:

Ge = Gravedad específica Bulk

A = Masa de la muestra seca (g.)

B = Masa de la muestra saturada con superficie seca (g.)

C = Masa de la muestra sumergida en el agua (g.)

2. La gravedad específica saturada con superficie seca, se calcula con la siguiente formula:

$$Ges = \frac{B}{B - C}$$

En donde:

Ges = gravedad específica del material saturado con superficie  
seca.

3. La gravedad específica aparente, se calcula con la siguiente relación:

$$Gea = \frac{A}{\quad}$$

$$A - C$$

En donde:

Gea = Gravedad específica aparente

4. Se calcula el porcentaje de absorción con la siguiente relación:

$$AB = \frac{B - A}{A} \times 100$$

En donde:  $Ab =$  Porcentaje de absorción

5. Se calcula los valores de densidad relativa promedio con la siguiente expresión :

$$G = \frac{1}{\frac{P1}{100 G1} + \frac{P2}{100 G2} + \frac{Pn}{100 Gn}}$$

En donde:  $G =$  densidad promedio o densidad relativa ( gravedad específica )

$G1, G2, \dots Gn =$  densidad promedio apropiada para cada tamaño de fracción dependiendo el tipo de densidad relativa.

$P1, P2, \dots Pn =$  porcentaje en masa de cada tamaño de fracción en la muestra original .

6. Se calcula el valor de absorción promedio con la siguiente expresión:

$$Ab = \frac{P1 \cdot A1}{100} + \frac{P2 \cdot A2}{100} + \frac{Pn \cdot An}{100}$$

En donde:  $Ab =$  absorción promedio ( % )

$A1, A2, \dots An =$  porcentaje de absorción para cada tamaño de fracción.

$P1, P2, \dots Pn =$  porcentajes en masa de cada tamaño de fracción

Presente en la muestra original.

**PESO UNITARIO DE LOS AGREGADOS**

Norma INEN	:	858
Norma AASHO	:	T-19
Norma ASTM	:	C-29

**A.- ALCANCE**

Sirve para la determinación del peso unitario del agregado fino, agregado grueso y mezcla de agregados.

**A. EQUIPO**

1. Balanza (capacidad 20 Kg, sensibilidad 1 g.)
2. Recipiente cilíndrico (capacidad de acuerdo a la Tabla 7)
3. Barra compactadora (varilla de 1,6 cm. de diámetro y 60 cm. de longitud)
4. Pala de borde recto

**B. CALIBRACION DEL RECIPIENTE**

1. Se determina la masa del recipiente.
2. Se llena el recipiente con agua a la temperatura ambiental, y se cubre con una tapa de vidrio.
3. Se determina la masa del recipiente lleno con agua.

TABLA 7. DIMENSIONES DEL RECIPIENTE CILINDRICO

<i>Tamaño máximo Agregado mm.</i>	<i>Capacidad Dm3</i>	<i>Diámetro Interior mm.</i>	<i>Altura interior mm.</i>
12.5	3	155 ± 2	160 ± 2
25.0	10	205 ± 2	305 ± 2
40.0	15	255 ± 2	295 ± 2
100.0	30	355 ± 2	305 ± 2

4. Por diferencia de masas, se determina la masa de agua necesaria para llenar el recipiente.
5. Se mide la temperatura del recipiente con el agua y se determina el peso unitario del agua de acuerdo a la Tabla 8.

TABLA 8. PESO UNITARIO DEL AGUA

<i>TEMPERATURA °C</i>	<i>PESO UNITARIO DEL AGUA Kg / m3</i>
15.6	999.01
18.3	998.54
21.1	997.97
23.9	997.32
26.7	996.59
29.4	995.83

6. Se determina el volumen del recipiente, utilizando la siguiente relación:

$$V = \frac{Mw}{w}$$

En donde:

V = Volumen de recipiente (m3)

Mw = Masa de agua necesaria para llenar el recipiente (Kg)

w = Peso unitario del agua ( Kg/m<sup>3</sup>)

### C. PREPARACION DE LA MUESTRA

1. La muestra deberá ser ofendido por cuarteo.

2. Se seca la muestra uniformemente; se debe hacerlo preferentemente en un horno a una temperatura de  $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$ .

D. PROCEDIMIENTO PARA PESO UNITARIO COMPACTADO

1. PROCEDIMIENTO POR VARILLADO

- 1.1. Este procedimiento es aplicable para agregados que tengan un tamaño máximo de 40 mm. o menos.
- 1.2. Se coloca el agregado en el recipiente, hasta un tercio de su altura.
- 1.3. Con los dedos se nivela la superficie del agregado.
- 1.4. Con la barra compactadora, se apisona el agregado mediante 25 golpes distribuidos por toda la superficie; se debe cuidar que la barra no golpee el fondo del recipiente.
- 1.5. Se coloca el agregado en el recipiente, hasta los dos tercios de su altura; luego se repite la operación del apartado 1.3.
- 1.6. Con la barra compactadora, se apisona el agregado mediante 25 golpes distribuidos por toda la superficie; se debe cuidar que la barra no penetre en la capa anterior.
- 1.7. Se llena el recipiente con agregado, hasta rebosar; se repite las operaciones que se indican en el apartado 1.6.
- 1.8. Se enraza utilizando la barra compactadora.
- 1.9. Se determina la masa del recipiente más el agregado.

2. PROCEDIMIENTO POR SACUDIDAS

- 2.1. Este procedimiento es aplicable para agregados que tengan un tamaño máximo mayor a 40 mm. y menor a 100 mm.
- 2.2. Se siguen los pasos que se indican en los apartados 1.2. y 1.3.
- 2.3. Se sacude el recipiente sobre un piso firme; por ejemplo un piso de hormigón, levantando alternativamente los lados del recipiente hasta unos 5 cm. del piso, 25 veces por cada lado, 50 en total.



- 2.4. Se repite el procedimiento indicado en 2.3. para las dos capas siguientes.
- 2.5. Se enraza utilizando la barra compactadora.
- 2.6. Se determina la masa del recipiente más el agregado.

C. PROCEDIMIENTO PARA PESO UNITARIO SUELTO

1. Este método es aplicable para agregados que tengan un tamaño máximo de 100 mm. o menos.
2. Se llena el recipiente de agregado, utilizando una pala o cuchara grande; la altura de descarga del material con respecto al borde superior del recipiente no debe exceder una altura mayor a 5 cm.; esto se hace con el objeto de evitar la segregación de las partículas.
3. Se enraza el material utilizando la barra compactadora.
4. Se determina la masa del recipiente más el agregado.

D. CALCULOS Y RESULTADOS

1. Se determina la masa del material compactado, mediante la siguiente fórmula:

$$Mc = B - P$$

En donde:

Mc = Masa del material compactado (Kg)

B = Masa del recipiente más el material compactado  
(Kg)

P = Masa del recipiente (Kg)

Se calcula el peso unitario compactado con la siguiente relación:

$$Puc = \frac{Mc}{V}$$

En donde :

Puc = Peso unitario compactado (Kg / m<sup>3</sup>)

V = Volumen del recipiente (m<sup>3</sup>)

2. Se determina la masa del material suelto, con la siguiente formula:

$$M_s = A - P$$

En donde :

$M_s$  = Masa del material suelto (Kg)

$A$  = Masa del molde más el material suelto (Kg)

3. Se calcula el peso unitario suelto, con la siguiente relación:

$$P_{us} = \frac{M_s}{V}$$

En donde:

$P_{us}$  = Peso unitario suelto (Kg / m<sup>3</sup>)

4. Hay que hacer tres determinaciones del peso unitario, en base a las cuales se obtiene el peso unitario medio. Si la desviación de uno o más de los tres ensayos excede del 1% del peso unitario medio, hay que realizar ensayos adicionales. El promedio de los pesos unitarios de todos los ensayos, será el valor que se asumirá como peso unitario.

### **DESGASTE DE LOS AGREGADOS GRUESOS EN LA MAQUINA DE LOS ANGELES**

Norma INEN : 861; 860

Norma AASHO : T-96

Norma ASTM : C-131

#### **A.-ALCANCE**

Sirve para determinar la resistencia al desgaste de piedras machacadas escorias machacadas, gravas sin machacar y gravas machacadas.

A. EQUIPO

1. Máquina de los Ángeles
2. Esferas de desgaste (material: acero;  $\phi$  47.6 mm.; masa; entre 390 y 445 g. c/u)
3. Tamices (de acuerdo a la Tabla 12)
4. Balanza (sensibilidad 0,1% de la masa de muestra)
5. Bandeja

B. CARGA DE ABRASION

La carga de abrasión, depende del tipo de gradación de la muestra a ensayarse, y debe ser igual al de la Tabla 11.

TABLA 11. <sup>5</sup> MASA DE LA CARGA DE ABRASION

<i>GRADACION</i>	<i>NUMERO DE ESFERAS</i>	<i>MASA DE LA CARGA</i> g.
<i>A</i>	<i>12</i>	<i>5.000 ± 25</i>
<i>B</i>	<i>11</i>	<i>4.584 ± 25</i>
<i>C</i>	<i>8</i>	<i>1.320 ± 25</i>
<i>D</i>	<i>6</i>	<i>2.500 ± 25</i>

C. PREPARACION DE LA MUESTRA

1. La Muestra que se usa deberá estar de acuerdo con una de las gradaciones dadas en la Tabla 12; la gradación que se use debe ser aquella que representa más próximamente la gradación natural del material.

TABLA 12. GRADACIONES DE LAS MUESTRAS DE ENSAYO

<i>TAMAÑO DEL TAMIZ</i>		<i>MASA DE LOS TAMAÑOS INDICADOS (g.) GRADACION</i>			
<i>PASA</i>	<i>RETIENE</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>

$1\frac{1}{2}$	38.1	7	25.4	$1250\pm 2$			
1	25.4	$\frac{3}{4}$	19.0	5			
$\frac{3}{4}$	19.0	$\frac{1}{2}$	12.7	$1250\pm 2$	$2500\pm 1$		
$\frac{1}{2}$	12.7	$\frac{3}{8}$	9.5	5	0		
$\frac{3}{8}$	9.5	No. 3	6.3	$1250\pm 1$	$2500\pm 1$	$2500\pm 1$	
No. 3	6.3	No. 4	4.76	0	0	0	
No. 4	4.76	No. 8	2.36	$1250\pm 1$		$2500\pm 1$	$5000\pm 1$
				0		0	0
TOTAL				$5000\pm 10$	$5000\pm 10$	$5000\pm 10$	$5000\pm 10$

2. Se lava el material, con el objeto de eliminar las partículas finas adheridas al agregado.
3. Se seca el agregado hasta que la masa sea constante, a una temperatura uniforme de  $105 \pm 5^\circ\text{C}$ .
4. Se fracciona el agregado de acuerdo a la gradación adoptada, utilizando los tamices correspondientes.
5. En cada fracción se toma la masa de agregado indicado en la Tabla 12.

#### D. PROCEDIMIENTO

1. Se determina la masa total inicial de la muestra a ensayarse.
2. Se coloca el agregado y la carga de abrasión dentro de la máquina de los Ángeles.
3. Se gradúa la máquina de tal manera que se pare luego de 500 revoluciones.
4. La máquina debe tener una velocidad de rotación uniforme entre 30 y 33 rpm.
5. Se descarga el material, y se tamiza por lavado utilizando el tamiz No. 12 (1.7 mm.).
6. Se seca el material retenido en el tamiz No. 12 hasta que mantenga la masa constante o una temperatura uniforme de  $105 \pm 5^\circ\text{C}$ .
7. Se determina la masa seca de la muestra retenida en el tamiz No. 12.

#### E. CALCULOS Y RESULTADOS

1. Se determina la masa de material que pasa el tamiz No. 12, después del ensayo, utilizando la siguiente fórmula:

$$C = A - B$$

En donde:

C = Material que pasa el tamiz No. 12 (g.)

A = Masa inicial de la muestra (g.)

B = Masa sostenida en el tamiz No. 12 (g.)

2. Se calcula el porcentaje de desgaste del agregado, mediante la siguiente relación:

$$\% \text{ de desgaste} = \frac{C}{A} \times 100$$

A

### ANEXO

1. En caso de tener agregado grueso más grande que  $\frac{3}{4}$ " (19,0 mm.) se recomienda usar cualquiera de las gradaciones dadas en la tabla 13.

TABLA 13. GRADACIONES DE LAS MUESTRAS DE ENSAYO PARA AGREGADOS  
MAS GRANDES QUE  $\frac{3}{4}$ " (19.0 mm.)

TAMAÑO DEL TAMIZ				MASA DE LOS TAMÑOS INDICADOS (g.) GRADACION		
PASA		RETIENE		A	B	C
Pulg.	mm.	Pulg.	mm.			
3	76.2	2 ½	64.0	2500±50		
2 ½	64.0	2	50.8	2500±50		
2	50.8	1 ½	38.1	5000±50	5000±50	
1 ½	38.1	1	25.4		5000±25	5000±25
1	25.4	¾	19.0			5000±25
TOTAL				10000±100	1000±100	10000±100

2. La carga de abrasión, para los tres tipos de gradaciones deberá consistir en 12 esferas, y la masa total de carga debe ser de 10.000 más menos 100 g.

3. La muestra se debe someter a un desgaste de 1.000 revoluciones en la máquina de los Ángeles.
4. La preparación de la muestra, procedimiento de ensayo, los cálculos y resultados son similares a los descritos en el ensayo 1.13.

**FUENTE:** Los procedimientos descritos fueron proporcionados por el Ingeniero Civil Lauro Lara, docente de la Universidad Católica de Quito.