



**STATE HIGHWAY  
ADMINISTRATION**

**Oficina de Tecnología de Materiales  
Guía de estudio para técnicos en Agregados**

**División de Tecnología de Suelos y Agregado  
7450 Traffic Drive  
Hanover, Maryland 21076**

## Tabla de contenidos

<b>1. Introducción</b> .....	<b>2</b>
<b>1.1 Motivo</b> .....	<b>2</b>
<b>1.2 Marco</b> .....	<b>2</b>
<b>2. Procedimiento de control de calidad de la Base de Agregado Graduado (GAB, en inglés)</b> .....	<b>2</b>
<b>2.1 Fórmula de Mezcla de Trabajo</b> .....	<b>2</b>
<b>2.2 Frecuencia de las pruebas de control de calidad</b> .....	<b>3</b>
<b>2.3 Informes</b> .....	<b>3</b>
<b>3. Métodos de prueba</b> .....	<b>6</b>
<b>3.1 Procedimientos de redondeo</b> .....	<b>6</b>
<b>3.2 AASHTO R 90: Toma de muestras de agregado</b> .....	<b>7</b>
<b>3.2.1 Método A: Muestreo de descarga de cinta transportadora (exceso de flujo agregado)</b> .	<b>8</b>
<b>3.2.2 Método B: Toma de muestras de la cinta transportadora con plantilla de muestreo</b> .....	<b>9</b>
<b>3.2.3 Método C: Toma de muestras de una sup. plana creada por una cargadora</b> .....	<b>11</b>
<b>3.2.4 Método D: Toma de muestras de una sup. horizontal en la superficie del acopio</b> .....	<b>13</b>
<b>3.3 AASHTO R 76: Reducción de las muestras de agregado al tamaño de prueba</b> .....	<b>13</b>
<b>3.3.1 Método A: Divisor mecánico</b> .....	<b>14</b>
<b>3.3.2 Método B: Despiece</b> .....	<b>15</b>
<b>3.3.3 Método C: Toma de muestra de acopios en miniatura (sólo agregado fino húmedo)</b> 15	
<b>3.4 AASHTO T 27: Análisis granulométrico de agregados finos y gruesos</b> .....	<b>16</b>
<b>3.5 AASHTO T 255: Contenido de humedad del agregado por secado</b> .....	<b>21</b>
<b>3.6 AASHTO T-85: Peso específico y absorción del agregado grueso</b> .....	<b>22</b>
<b>Apéndice 1: Apéndice 1:</b> .....	<b>27</b>

## 1. Introducción

### 1.1 Motivo

El Departamento de Transporte de Maryland, Administración Estatal de Carreteras (MDOT/SHA, en inglés) tiene la responsabilidad de garantizar que los técnicos en control de calidad de agregado sean competentes en todos los métodos de prueba requeridos. Este documento proporcionará la información necesaria para convertirse en un técnico en agregados certificado para las plantas de capa base que envíen material a los proyectos de MDOT/SHA.

Este documento preparará a los técnicos para un examen escrito y una demostración práctica de los métodos de prueba descritos en este documento.

### 1.2 Marco

La información proporcionada en este documento está dirigida específicamente a los técnicos que realizan pruebas de control de calidad en las plantas certificadas de Base de Agregado Graduado para los proyectos de MDOT/SHA. Este curso es autodidacta y se realiza utilizando este documento y el [Manual del Técnico en Agregado de la Región del Atlántico Medio](#).

## 2. Procedimiento de control de calidad de la Base de Agregado Graduado (GAB, en inglés)

### 2.1 Fórmula de Mezcla de Trabajo

Las plantas certificadas de Base de Agregado Graduado deben presentar la Fórmula de Mezcla de Trabajo (JMF, en inglés) cada dos años o cuando sea necesario un cambio para cumplir con la producción actual.

Un aspecto de la JMF es la selección de la gradación que se producirá. Si se modifica algún límite de tamizado, MDOT/SHA determinará una nueva JMF. En la siguiente tabla se indican los rangos de tamizado individuales y los límites de producción especificadas en las Especificaciones Estándar de Construcción y Materiales de MDOT/SHA, sección 901, tablas 901 A y 901 B.

Tamaño del tamiz	2"	1 ½"	¾"	3/8"	#4	#30	#200
% Diseño Gama Alta	100	100	92	70	55	25	8
% Diseño Gama Baja	100	95	70	50	35	12	0
% Límite de producción	-2	±5	±8	±8	±8	±5	±3*

\*±2 para la gradación en el campo (omitiendo T11)

Esto es importante cuando se comparan las pruebas de control de calidad con la JMF aprobada de una planta certificada de Base de Agregado Graduado. Si alguno de los valores de gradación de uno o más tamices está fuera del límite de producción, deben tomarse medidas para corregir el material antes del envío. Consulte el plan de control de calidad aprobado para su planta y tome las medidas adecuadas.

Las pruebas de contenido de humedad son tan importantes como la gradación del material. Los acopios deben mantenerse a  $\pm 2\%$  de la humedad óptima, tal como se determinó en las pruebas de la JMF realizadas por MDOT/SHA. Si el contenido de humedad se encuentra fuera del límite, consulte el plan de control de calidad aprobado y tome las medidas adecuadas para corregir la desviación.

## **2.2 Frecuencia de las pruebas de control de calidad**

El técnico de control de calidad tomará muestras del material del acopio utilizando un método de la AASHTO R90 y realizará una comprobación de la gradación. Esto ocurrirá como mínimo una vez por cada lote de 1000 toneladas (o una porción del mismo) y al menos una vez por cada turno de producción de 8 horas. Los controles de humedad deben realizarse cada cuatro horas de producción. Esta información se comunicará en un Formulario-43. Presente el Formulario-43, todos los días, declarando que se ha tomado una muestra del material y se ha ensayado utilizando las directrices de muestreo y prueba de MDOT/SHA y que cumple las especificaciones aplicables.

Frecuencia de la prueba de gradación T27:

- 1 prueba de gradación por cada jornada de 8 horas
- 1 prueba de gradación por lote de 1000 toneladas

Frecuencia de la prueba de humedad T255:

- 1 prueba de humedad por cada 4 horas de producción

## **2.3 Informes**

MDOT/SHA requiere que la Planta de Base de Agregado Certificada notifique a la Administración un día antes de producir materiales para los proyectos de MDOT/SHA por medio de un Formulario-43. Se notifica a todas las Plantas de Base de Agregado Certificadas cuando se aprueba que un contratista utilice su material para el contrato/proyecto de MDOT/SHA. La lista de números de contrato aprobados se debe comprobar antes de enviar cualquier material. Si la planta recibe un pedido de Base de Agregado Graduado para un contrato que no se encuentra en la lista de contratos aprobados, la planta debe informar al contratista que el contrato no se encuentra en la lista de contratos aprobados y no debe enviar ningún material. La planta certificada deberá informar acerca del total de toneladas enviadas un día hábil después de la finalización de los envíos diarios. El formulario incluye la información de que se han tomado muestras del material y se han realizado pruebas utilizando las directrices de muestreo y pruebas

de la Administración y que cumple con las especificaciones aplicables. A continuación se muestra un ejemplo del Formulario-43 completo.

# Administración Estatal de Carreteras

## Oficina de Tecnología de Materiales

### Informe de la planta de Base de Agregado Graduado

(EJEMPLO)

Fecha de envío: <u>10/12/21</u>		Fecha de envío para el día siguiente: <u>10/14/21</u>	
Número de contrato y contratista	Total de toneladas <input checked="" type="checkbox"/> /Cancelaciones <input type="checkbox"/>	Número de contrato y contratista	Toneladas estimadas
<u>BA1235175</u>	<u>80</u>	<u>HA3215176</u>	<u>50</u>
<b>TOTAL DE TONELADAS DEL DÍA:</b>	<b>80</b>	<b>TOTAL ESTIMADO DE TONELADAS:</b>	<b>50</b>

Fecha de la prueba: 10/12/21  
 Número de aprobación de la Fórmula de la Mezcla de Trabajos de la G.A.B. GA-01 1 22  
(N° de planta) (N° de JMF) (Año)

Información de las pruebas de laboratorio de la planta

	Tamaño del tamiz								Humedad y aditivos		Muestra	Toneladas	Resultado
	2"	1-1/2"	3/4"	3/8"	#4	#30	#200	% Contenido de humedad (MC, en inglés)	Cemento	CaCi2			
JMF	100	100	82	68	47	15	6	4.5					
Límite	+/-2	+/-5	+/-8	+/-8	+/-8	+/-5	+/-2	+/-2					
Rango	100	95-100	74-90	60-76	39-55	10-20	4-8						
%	100	100	85	65	44	19	7	4.4%			7:30	80	P
P													
U													
E													
E													
A													
S													
A													

Hora del primer camión 8:12am
 Hora del último camión 11:15am

Observación: \_\_\_\_\_

Fecha de presentación: <u>10/13/21</u>	Informado por:(Nombre) _____	A. Cert Tech
Tamaño de la muestra: <u>50</u> (lbs.)	Informado por:(Firma) _____	
	Técnico certificado N° _____	MD-1234

### 3. Métodos de prueba

#### 3.1 Procedimientos de redondeo

Este método aborda el redondeo de los números de los resultados de las pruebas y los cálculos.

Si el número que sigue al último número a retener es inferior a 5, el último número a retener se deja sin modificar y el/los número(s) que sigue(n) al último número a retener se descarta(n)

- Ejemplo 1.       $14.649 = 14.6$   
                          $14.749 = 14.7$

Si el número que sigue al último número a retener es superior a 5, aumente el último número a retener por 1 y descarte el/los número(s) que sigue(n) al último número a retener

- Ejemplo 2.       $14.66 = 14.7$   
                          $14.76 = 14.8$

Si el número que sigue al último número a retener es 5, y no hay números más allá del 5, sólo ceros, el último número a retener se incrementa en 1 si es impar o se deja sin modificar si es par. El/los número(s) que sigue(n) al último número a retener se descarta(n).

- Ejemplo 3.       $14.750 = 14.8$   
                          $14.650 = 14.6$

Si el/los número(s) que sigue(n) al último número a retener es el 5 y hay números que siguen al 5, el último número a retener se incrementa en 1 sin importar que sea par o impar. El/los número(s) que sigue(n) al último número a retener se descarta(n).

- Ejemplo 4.       $14.751 = 14.8$   
                          $14.651 = 14.7$

Para cuestiones relacionadas con las cifras significativas, consulte la norma AASHTO R 11.

### **3.2 AASHTO R 90: Toma de muestras de agregado**

#### **Marco:**

Esta práctica cubre los procedimientos para obtener muestras representativas de productos de agregado grueso, fino, o combinaciones de agregado grueso y fino. Las muestras de prueba deben representar la cantidad total del material que se produce o utiliza. Esto se consigue normalmente mediante un muestreo aleatorio. Todo el material debe tener la misma posibilidad de ser probado. Durante la producción en la fuente, se debe tener cuidado para asegurar que el material virgen que se procesa es normal para la consistencia general del material disponible.

Existen cuatro métodos aprobados por la AASHTO para la obtención de muestras de agregado. El método que utiliza el técnico depende del tipo de agregado que se va a muestrear, de la ubicación de la muestra y del equipo de muestreo disponible.



### 3.2.1 Método A: Muestreo de la descarga de la cinta transportadora (desbordamiento del flujo de agregado)

**Equipo:** Un dispositivo de muestreo manual, semiautomático o automático con una bandeja de tamaño suficiente para interceptar toda la sección transversal de la corriente de descarga.

- No tome la muestra del comienzo o del final de un tramo de agregado para evitar la posibilidad de segregación.
- Pase el dispositivo de muestreo, perpendicular al flujo de material, a través de toda la corriente una vez en cada dirección.
- Obtenga múltiples incrementos iguales cuando un incremento no sea suficiente para las pruebas requeridas.
- Vacíe todos los incrementos, incluido el material que pueda adherirse al dispositivo de muestreo, en un único recipiente para formar una sola muestra.



### 3.2.2 Método B: Toma de muestras de la cinta transportadora mediante una plantilla de muestreo

Equipo: Una plantilla de muestreo y una escoba o cepillo

- No tome la muestra del comienzo o del final de un tramo de agregado para evitar la posibilidad de segregación.
- Detenga la cinta.
- Coloque la plantilla de muestreo en la cinta y evite que se mezcle el material adyacente.
- Retire el material dentro de la plantilla; cepille todo el material adherido a la cinta.
- Obtenga múltiples incrementos iguales cuando un incremento no sea suficiente para las pruebas requeridas.
- Vacíe todos los incrementos en un solo recipiente para formar una sola muestra.





### 3.2.3 Método C: Toma de muestras de una superficie plana creada por una cargadora

Equipo: Una cargadora y una pala

- Indique al operador de la cargadora que entre en el acopio con la cuchara de carga a una altura mínima de 1 ft (0.3 m) del suelo sin contaminar el acopio.
- Deseche la primera cuchara llena de material.
- Haga que la cargadora entre en el acopio, obtenga una cuchara de carga llena de material e incline la cuchara hacia atrás y hacia arriba.
- Forme una pequeña pila de muestreo en la base del acopio haciendo rodar suavemente el material fuera de la cuchara de carga con ésta lo suficientemente alta como para permitir el libre flujo del material. Repita la operación según sea necesario.
- Cree una superficie plana haciendo que la cargadora arrastre hacia atrás el pequeño montón.
- Obtenga incrementos de al menos tres lugares seleccionados al azar en la superficie plana, a un mínimo de 1 ft del borde.
- Inserte completamente la pala, excluyendo el material subyacente, haga retroceder la pala y levante el material del montón de forma lenta.
- Combine los incrementos para formar una sola muestra.





### 3.2.4 Método D: Toma de muestras de una superficie horizontal en la superficie del acopio

**Equipo:** Una pala o una cargadora

- Cree superficies horizontales con superficies verticales en el tercio superior, medio e inferior del acopio con una pala, o una cargadora.
- Empuje una tabla plana contra la superficie vertical detrás del lugar de muestreo para evitar el desprendimiento.
- Deseche el material desprendido para crear una superficie horizontal.
- Obtenga la muestra de la superficie horizontal lo más cerca posible de la intersección de las superficies horizontal y vertical.
- Obtenga al menos un incremento de igual tamaño de cada uno de los tercios superior, medio e inferior del montón.
- Combine los incrementos para formar una sola muestra.



### 3.3 AASHTO R 76: Reducción de las muestras de agregado al tamaño de prueba

**Marco:**

Los agregados constituyen una parte importante de la mayoría de las construcciones de carreteras. Se utilizan en todas las fases, incluida la construcción de la base, la mezcla del asfalto, los arcenes granulares, el revestimiento granular, el drenaje y en el control de erosión. Con el fin de asegurar que el agregado se comporta como está previsto para el uso especificado, se deben realizar una serie de pruebas sobre el agregado. Estas muestras deben ser representativas del agregado seleccionado para su uso y deben ser obtenidas por métodos apropiados como los descritos en AASHTO R 76.

Estos métodos cubren la reducción de grandes muestras de agregado al tamaño apropiado para la prueba, de tal manera que la muestra reducida siga siendo representativa de la muestra mayor.

Estos métodos cubren la reducción de grandes muestras de agregado al tamaño apropiado para la prueba, de tal manera que la muestra reducida siga siendo representativa de la muestra mayor.

**La selección del método:**

Tamaño del agregado	Presencia de humedad	Método apropiado
Agregado fino	Condición seca / más seca que la superficie saturada	Método A: Divisor mecánico
Agregado fino	Húmedo / con humedad libre en las superficies de las partículas	Método B: Despiece - o Método C: Acopio de muestras en miniatura
Agregado grueso	Seco o húmedo	Método A: Divisor mecánico - o Método B: Despiece
Agregado fino y grueso combinado	Condición seca / más seca que la superficie saturada	Método A: Divisor mecánico - o Método B: Despiece
Agregado fino y grueso combinado	Húmedo / con humedad libre en las superficies de las partículas	Método B: Despiece

**3.3.1 Método A: Divisor mecánico**

**Equipo:** Divisor de muestras

- Coloque la muestra en la tolva o bandeja del divisor de muestras.
- Distribuya de manera uniforme la muestra de un extremo a otro para que fluyan cantidades iguales por cada receptáculo.
- Volver a introducir la porción de la muestra en uno de los receptáculos en el divisor tantas veces como sea necesario para reducir la muestra al tamaño de prueba



### 3.3.2 Método B: Despiece

*Equipo:* superficie rígida, una pala recta, una pala o espátula, una escoba o un cepillo, y una tela de lona o una lona resistente a la ruptura de aproximadamente 2 por 2.5 m (6 por 8 ft).

- Mezcle bien el material sobre una superficie dura, limpia y nivelada, dándole tres vueltas a toda la muestra.
- Con el último giro, forme un montón cónico con toda la muestra, depositando cada uno de los levantamientos sobre el anterior
- Aplane el montón cónico hasta conseguir un grosor uniforme ejerciendo presión sobre el vértice con una pala o una espátula.
- Divida la masa aplanada en cuatro partes iguales con una pala o espátula.
- Retire dos cuartos diagonales opuestos para obtener su muestra de prueba o redúzcalos de nuevo hasta alcanzar el tamaño de muestra deseado.



### 3.3.3 Método C: Toma de muestra de acopios en miniatura (sólo de agregado fino húmedo)

*Equipo:* Una superficie rígida, una pala recta, pala o espátula, y una pala o cuchara pequeña.



- Mezcle bien el material sobre una superficie dura, limpia y nivelada, dándole tres vueltas a toda la muestra.
- Con el último giro, forme un montón cónico con toda la muestra, depositando cada uno de los levantamientos sobre el anterior
- Aplane el montón cónico hasta conseguir un grosor uniforme ejerciendo presión sobre el vértice con una pala o una espátula.
- Obtenga la muestra de prueba para seleccionar al menos cinco incrementos de material en lugares aleatorios de los acopios en miniatura, utilizando una pala pequeña o una cuchara

### 3.4 AASHTO T 27: Análisis granulométrico de agregados finos y gruesos

#### Marco:

El análisis granulométrico, comúnmente conocido como prueba de gradación, determina la gradación (la distribución del tamaño de las partículas) dentro de cada muestra, con el fin de verificar el cumplimiento del diseño, los requisitos de control de la producción y las especificaciones.

#### Equipamiento:

- Equilibrio - clase de uso general (AASHTO M 231).
- Los tamices, montados en bastidores adecuados, se ajustarán a la norma AASHTO M 92.
- Tamiz mecánica - si se utiliza, debe proporcionar un movimiento vertical o lateral y vertical al tamiz. El tamiz debe proporcionar una exhaustividad de tamizado en un tiempo razonable.
- Horno - capaz de mantener  $110 \pm 5$  °C ( $230 \pm 9$  °F).

#### Preparación de la muestra:

- Las muestras deben obtenerse de acuerdo con la norma AASHTO R 90 y reducirse al tamaño de prueba de acuerdo con la norma AASHTO R 76.
- Las muestras deben secarse hasta alcanzar una masa constante en un horno regulado a  $110 \pm 5$  °C ( $230 \pm 9$  °F).
- La masa de la muestra para la prueba deberá ajustarse a lo siguiente.

#### Agregado Grueso:

Tamaño máximo nominal del agregado mm (in)	Masa mínima de la muestra para la prueba kg (lbs.)
9.5 (3/8)	1 (2)
12.5 (1/2)	2 (4)

19.0 (3/4)	5 (11)
25.0 (1)	10 (22)
37.5 (1 1/2)	15 (33)
50.0 (2)	20 (44)
63.0 (2 1/2)	35 (77)

Agregado Fino:

- El tamaño de la muestra de agregado para la prueba después del secado deberá ser de 300g como mínimo.

**Procedimiento:**

- Una vez obtenida la muestra de prueba, registre la masa de la muestra con una precisión del 0,1% de la masa total de la muestra de prueba.
- Limite la cantidad de material en un tamiz determinado para que todas las partículas tengan la oportunidad de alcanzar las aberturas del tamiz varias veces durante la operación de tamizado.
- Debe hacerse todo lo posible para evitar la sobrecarga de los tamices. En el caso de los tamices de agregado fino con aberturas inferiores a 4.75 mm (Nº 4), la cantidad retenida en cualquier tamiz al final de la operación de tamizado no deberá superar los 7 kg/m<sup>2</sup> (4 g/in.<sup>2</sup>) de superficie de tamizado. Esto equivale a 200 g en cualquier tamiz redondo pequeño de 203.2 mm (8 in.) por debajo del tamiz de 4.75 mm (Nº 4).
- En el caso de los tamices con aberturas de 4.75 mm ( Nº 4) y superiores, la cantidad retenida en kg no deberá superar el producto de 2.5 × (abertura del tamiz, mm × (superficie efectiva de tamizado, m<sup>2</sup>)). Esta cantidad se indica en la siguiente tabla para cinco dimensiones de bastidores de tamiz de uso común.

<b>Cantidad máxima admisible de material retenido en un tamiz, (kg)</b>					
Dimensiones nominales del tamiz					
Tamiz Abertura Tamaño, mm (in)	203.2-mm (8 in) Diámetro (Dia., en inglés) tamices redondos	254-mm (10 in) Diámetro (Dia., en inglés) tamices redondos	304.8-mm (12 in) Diámetro (Dia., en inglés) tamices redondos	350 por 350 mm (14 x 14 in) Tamices cuadrad os	372 por 580 mm (16 x 24 in) Tamices rectangul ares
	Área de tamizado, m <sup>2</sup>				
	0.0285	0.0457	0.0670	0.1225	0.2158
50 (2)	3.6 kg	5.7 kg	8.4 kg	15.3 kg	27.0 kg
37.5 (1 1/2)	2.7 kg	4.3 kg	6.3 kg	11.5 kg	20.2 kg
25.0 (1)	1.8 kg	2.9 kg	4.2 kg	7.7 kg	13.5 kg
19.0 (3/4)	1.4 kg	2.2 kg	3.2 kg	5.8 kg	10.2 kg
12.5 (1/2)	0.89 kg	1.4 kg	2.1 kg	3.8 kg	6.7 kg
9.5 (3/8)	0.67 kg	1.1 kg	1.6 kg	2.9 kg	5.1 kg
4.75 (N° 4)	0.33 kg	0.54 kg	0.80 kg	1.5 kg	2.6 kg

- Acomode los tamices en orden de tamaño decreciente de arriba a abajo y comience a agitar la muestra durante un tiempo suficiente.
- En el caso de los agregados gruesos, una vez tamizado el material, retire cada bandeja, pese y registre la masa con una precisión del 0.1% de la masa total. El total final de las masas retenidas en cada tamiz debe estar dentro del 0.3% de la masa original de la muestra antes de la gradación.
- En el caso de los agregados finos, pese el material retenido en cada tamaño de tamiz con una precisión del 0.1% de la masa total (por ejemplo, 300 g ± muestra registrada con una precisión de 0.1 g).

Asegúrese de que todo el material atrapado en las aberturas del tamiz se

limpie y se incluya en la masa retenida.

**Cálculo:**

- Tare el recipiente en la balanza. Pese el material retenido en cada tamiz (de arriba a abajo). Después de pesar el material de cada tamiz, vacíe el recipiente tarado y pase al siguiente tamiz. Una vez pesados todos los tamices, totalice la masa (Gráfico 11).

**Masa seca inicial de muestra: 479.1 g**

Tamaño del tamiz	Masa (g)	Porcentaje retenido	Porcentaje que pasa
9.5 mm (3/8")	0		
4.75 mm (N° 4)	178.2		
600 µm (N° 30)	131.6		
300 µm (N° 50)	93.5		
75 µm (N° 200)	62.5		
Recipiente	13.3		
Total	479.1		

Figura 11 - Registre la masa del material en cada tamiz de forma individual y registre la masa total.

- Calcule la masa que pasa cada tamiz mediante la sustracción de la masa retenida en ese tamiz de la masa total que pasa el tamiz superior. La masa que pase el tamiz superior será de la masa inicial retenida

Ejemplo:      (a) = 479.1 -0  
                    (b)=479.1-178.2  
                    (c) =300.9-131.6

Tamaño del tamiz	Masa retenida	Masa que pasa	Porcentaje que pasa
9.5 mm (3/8")	0	479.1 (a)	
4.75 mm (N° 4)	178.2	300.9 (b)	
600 µm (N° 30)	131.6	169.3 (c)	
300 µm (N° 50)	93.5	75.8	
75 µm (N° 200)	62.5	13.3	
Recipiente	13.3		
Total	479.1		

- Calcule el porcentaje que pasa cada tamiz dividiendo la masa que pasa ese tamiz por la masa seca inicial y multiplique por 100 (Gráfico 12).

Ejemplo: (a) =  $(479.1 \div 479.1) \times 100 = 87$

(b) =  $(300.9 \div 479.1) \times 100 = 22$

Tamaño del tamiz	Masa retenida	Masa que pasa	Porcentaje que pasa
9.5 mm (3/8")	0	479.1	87
4.75 mm (N° 4)	178.2	300.9	22
600 µm (N° 30)	131.6	169.3	50
300 µm (N° 50)	93.5	75.8	12
75 µm (N° 200)	62.5	13.3	2.8
Recipiente	13.3		
Total	479.1		

**Nota:** Los porcentajes se expresarán con el número entero más cercano, excepto si el porcentaje que pasa el tamiz de 75 µm (N° 200) es inferior al 10%, el cual se expresará con el 0.1% más cercano.

### 3.5 AASHTO T 255: Contenido de humedad del agregado por secado

#### Marco:

El contenido de humedad de un material influye en su capacidad o incapacidad para ser excavado, consolidado, trasladado, tamizado, pesado, secado o reabsorbido. Los cálculos del contenido de humedad utilizados para los suelos y agregados se definen, por convención, como la masa de agua perdida por secado dividida por la masa seca del material. El contenido de humedad se utiliza para calcular una serie de propiedades como la densidad seca, la plasticidad, la permeabilidad, etc.

Este método de prueba determina el porcentaje de humedad evaporable en una muestra de agregados secando tanto la humedad superficial como la humedad en los poros del agregado.

#### Equipamiento:

- Balanza - legible al 0.1 por ciento de la masa de la muestra, clase (AASHTO M 231).
- Fuente de calor - Horno - capaz de mantener  $110 \pm 5$  °C ( $230 \pm 9$ °F) o placa caliente (eléctrica/gas)
- Contenedor de muestras -contenedor metálico
- Un mezclador - una cuchara o espátula de metal

#### Preparación de la muestra:

- Las muestras deben obtenerse de acuerdo con la norma AASHTO R 90 y reducirse al tamaño de prueba de acuerdo con la norma AASHTO R 76.
- Obtenga una muestra representativa de una masa no inferior a la cantidad indicada a continuación. Proteja la muestra contra la pérdida de humedad antes de determinar la masa.

Tamaño máximo nominal del agregado mm (in)	Masa mínima de la muestra de prueba kg
4.75 (N° 4)	0.5
9.5 (3/8)	1.5
12.5 (1/2)	2
19.0 (3/4)	3
25.0 (1)	4
37.5 (1 1/2)	6
50.0 (2)	8
63.0 (2 1/2)	10

#### Procedimiento:

- Pesar la masa de la muestra húmeda al 0.1 por ciento más cercano
- Coloque el recipiente en la fuente de calor seleccionada. Si se selecciona una fuente de calor que no sea un horno de temperatura controlada, remueva la muestra durante el secado.
- Seque la muestra hasta alcanzar una masa constante, en la que seguir calentando provoque, o pueda provocar, una pérdida adicional de masa inferior al 0.1%.
- Determine la masa de la muestra seca con una precisión del 0.1 por ciento después de que se haya enfriado lo suficiente como para no dañar la balanza.

#### Cálculo:

$$\% \text{ Humedad} = 100 (W - D)/D$$

en la que: W = masa de agregado húmedo

D = masa de agregado seco

### 3.6 AASHTO T-85: Peso específico y absorción del agregado grueso

#### Marco:

El peso específico es la relación entre la masa de un determinado volumen de agregado y la masa de un volumen igual de agua. Este método de prueba determina el peso específico y la absorción de agregados gruesos que han sido remojados por un período de 15 a 19 horas.

#### Equipamiento:

- Equilibrio - clase de uso general (AASHTO M 231).
- Contenedor de muestras - Una cesta de alambre de 3.35 mm (Nº 6) de malla más fina con una capacidad de 4 a 7 litros.
- Tanque de agua: Tanque hermético equipado con una salida de agua en el que se colocan la muestra y el recipiente de la muestra para su completa inmersión mientras están suspendidos por debajo de la balanza.
- Aparato de suspensión: El alambre que suspende el contenedor debe ser del menor diámetro posible.
- Tamices - Un tamiz de 4.75 mm (Nº 4) conforme a la norma AASHTO M 92
- Horno - capaz de mantener  $110 \pm 5$  °C ( $230 \pm 9$ °F).

#### Preparación de la muestra:

- Las muestras deben obtenerse de acuerdo con la norma AASHTO R 90 y reducirse al tamaño de prueba de acuerdo con la norma AASHTO R 76.
- Tamizar la muestra en seco a través de un tamiz de 4.75 mm (Nº 4) y descartar cualquier material que pase el tamiz. La masa mínima de la muestra será la siguiente:

Tamaño máximo nominal del agregado mm (in)	Masa mínima de la muestra para la prueba kg (lbs.)
12.5 (1/2) o menos	2 (4.4)
19.0 (3/4)	3 (6.6)
25.0 (1)	4 (8.8)
37.5 (1 1/2)	5 (11)
50.0 (2)	8 (18)
63.0 (2 1/2)	12 (26)

#### Procedimiento:

- Seque la muestra de prueba hasta alcanzar una masa constante en un horno regulado a  $110 \pm 5^\circ\text{C}$  ( $230 \pm 9^\circ\text{F}$ ). Enfríe la muestra a temperatura ambiente durante 1 a 3 horas. Tras el periodo de enfriamiento, sumerja el agregado en agua a temperatura ambiente durante un periodo de 15 a 19 horas.
- Retire la muestra de la inmersión y escurra el exceso de agua del agregado. Coloque el agregado en una toalla absorbente y luego agite y ruede el agregado de lado a lado, hasta que todas las películas visibles de agua sean removidas, y el agregado haya alcanzado la condición de Superficie Saturada Seca (SSD, en inglés).





- Pese la muestra SSD al 1.0 g más cercano de la masa de la muestra.
- Después de pesarla, coloque toda la muestra en un recipiente y sumérgala en agua. Agite el recipiente para liberar el aire atrapado, engánchelo en la balanza y péselo. Asegúrese de que el rebosadero funciona correctamente para compensar el agua desplazada por la muestra (Gráfico 10 y 10A). Registre la masa de la muestra sumergida y del recipiente al gramo más cercano.
- Retire la muestra y el recipiente del agua. Retire la muestra del recipiente y séquela en un plato hasta alcanzar una masa constante en un horno a una temperatura de  $110 \pm 5$  °C ( $230 \pm 9$  °F).

- Deje enfriar al aire a temperatura ambiente durante 1 a 3 horas (hasta que el agregado pueda manipularse sin problemas).
- Registre la masa, al 1.0 g más cercano, como masa seca al horno.

**Cálculo:**

Hay cuatro determinaciones que pueden hacerse a partir de este procedimiento. Son las siguientes:

**I. Peso específico de la masa (subbase granular ( $G_{sb}$ , en inglés)) (también conocido como gravedad específica seca de la masa)**

- La proporción entre la masa (en aire) de una unidad de volumen de agregado y la masa (en aire) de un volumen igual de agua destilada sin gas a una temperatura determinada ( Gráfico 11). Esta unidad de volumen de agregado está compuesta por la partícula sólida, los vacíos permeables y los vacíos impermeables.

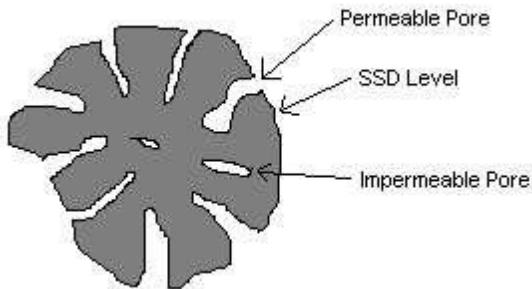


Gráfico 11 - Diagrama del peso específico de la masa

**II. Peso específico de la masa - Superficie Saturada Seca ( $G_{sb SSD}$ )**

- La proporción entre la masa (en aire) de una unidad de volumen de agregado y la masa (en aire) de un volumen igual de agua destilada sin gas a una temperatura determinada ( Gráfico 12).

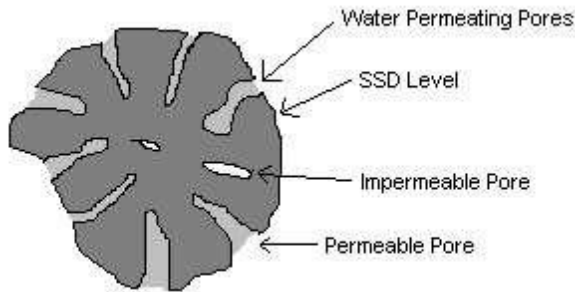


Gráfico 12 - Diagrama de la Masa SSD La masa del peso específico SSD es la condición de la superficie seca saturada e incluye la masa del agua en el espacio poroso permeable.

### III. Peso específico aparente ( $G_{sa}$ )

- Esta proporción de la masa (en aire) de una unidad de volumen de la porción "impermeable" del agregado (no incluye los poros permeables en el agregado) a la masa (en aire) de un volumen igual de agua destilada libre de gas a una temperatura establecida ( Gráfico 13)

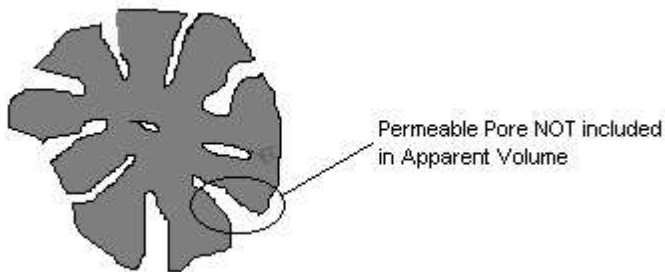


Gráfico 13 - Diagrama del peso específico aparente Volumen aparente = volumen de la partícula del agregado sin incluir los vacíos permeables.

### IV. Porcentaje de absorción (% Abs.)

El aumento de la masa del agregado debido al agua en los poros del material, pero sin incluir el agua adherida a la superficie exterior de las partículas, expresado como porcentaje de la masa seca. (Gráfico 14.)

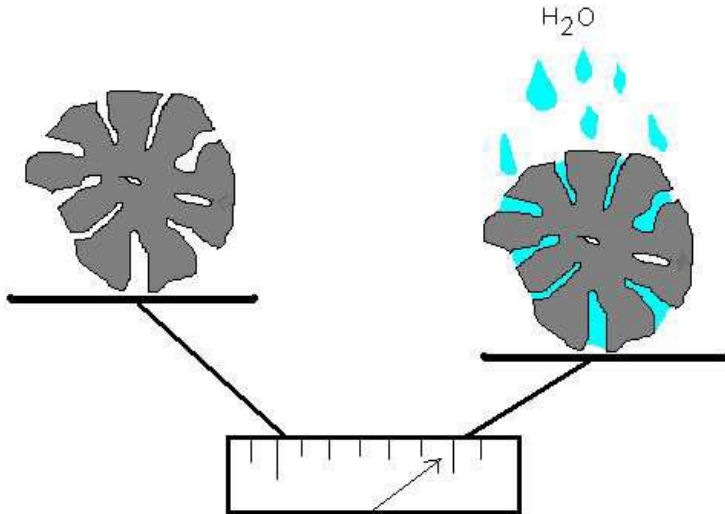


Gráfico 14. Aumento de la masa debido a la absorción de agua  
 Las fórmulas para las determinaciones mencionadas son las siguientes:

1. Peso específico de la masa (Gs b)  

$$\mathbf{Gs\ b = A / (B-C)}$$
2. Peso específico de la masa SSD (Gs b SSD)  

$$\mathbf{Gs\ b\ SSD = B / (B-C)}$$
3. Peso específico aparente (Gsa)  

$$\mathbf{Gsa = A / (A-C)}$$
4. Porcentaje de absorción (% Abs.)  

$$\mathbf{\%Abs. = [(B - A) / A] \times 100}$$

en la que:     A = Masa (gramos) de la muestra secada en el horno en el aire  
                   B = Masa (gramos) de la muestra SSD en el aire  
                   C = Masa (gramos) de la muestra SSD en agua  
                   B = Masa (gramos) de la muestra SSD en el aire

Apéndice 1: Apéndice :

## 1. Introducción:

El Departamento de Transporte de Maryland, Administración Estatal de Carreteras (MDOT/SHA, en inglés) tiene la responsabilidad de garantizar que los técnicos en control de calidad de agregado sean competentes en todos los métodos de prueba requeridos. Esta información adicional proporcionará la información necesaria para convertirse en un técnico de agregado certificado para las plantas de capa base de hormigón reciclado que envían material a los proyectos de MDOT/SHA.

Este documento preparará a los técnicos para un examen escrito y una demostración práctica del método de prueba descrito en esta sección.

## 2. Frecuencias de las pruebas de control de calidad

El técnico de control de calidad tomará muestras del material del acopio utilizando un método de la AASHTO R90 y realizará una comprobación de la gradación, una prueba de humedad y una comprobación del Potencial de Hidrógeno (pH, en inglés). Las comprobaciones de gradación y pH se realizarán como mínimo una vez por cada lote de 1000 toneladas (o una parte del mismo) y al menos una vez por cada jornada de producción de 8 horas. Los controles de humedad deben realizarse cada cuatro horas de producción. Esta información se comunicará en un Formulario-43. Presente el Formulario-43, todos los días, declarando que se ha tomado una muestra del material y se ha ensayado utilizando las directrices de muestreo y prueba de MDOT/SHA y que cumple las especificaciones aplicables.

Frecuencia de la prueba de gradación T27:

- 1 prueba de gradación por cada jornada de 8 horas
- 1 prueba de gradación por lote de 1000 toneladas

Frecuencia de la prueba de humedad T255:

- 1 prueba de humedad por cada 4 horas de producción

T289 Determinación del pH

- 1 prueba de pH por jornada de 8 horas
- 1 prueba de pH por lote de 1000 toneladas

## 3. T289 Determinación del pH del suelo para su uso en pruebas de corrosión

### Marco:

Este método de ensayo describe el procedimiento y el equipo de ensayo para determinar un valor de pH (potencial de hidrógeno) utilizando un medidor de pH. La primera parte del procedimiento detalla cómo obtener la muestra de prueba. La segunda parte es el método de prueba para determinar el valor de pH.

## Equipamiento:

- Tamices - Se ajustarán a la norma ASTM E11 en los siguientes tamaños: 6.3 mm (1/4 in), 4.75 mm (N° 4), 2.00 mm (N° 10), y un recipiente.
- Balanza - Deberá tener capacidad suficiente, tener una precisión de lectura del 0.1 por ciento de la masa de la muestra, o mejor, y ajustarse a los requisitos de la norma M 231.
- Aparato de secado - Cualquier dispositivo que pueda secar muestras a una temperatura no superior a 60° C (140° F).
- Aparato de pulverización - Un mortero y una maja recubierta de goma o cualquier equipo adecuado para romper los grumos o agregados sin reducir el tamaño de las partículas.
- Divisor de muestras - Un divisor de muestras adecuado para dividir proporcionalmente la muestra y capaz de obtener una muestra de prueba representativa sin la pérdida apreciable de finos. También se permite la división proporcional en una tela de lona.
- Medidor de pH - Un dispositivo adecuado que pueda utilizarse en el campo o en el laboratorio con uno o dos electrodos. Tienen la capacidad de ser estandarizados a múltiples valores de pH.
- Recipiente de vidrio de boca ancha de 50 ml.
- Un vidrio de reloj de tamaño adecuado para cubrir el recipiente
- Soluciones tampón estándar de valores de pH conocidos - Estándares a utilizar 7.0, 10.0, 12.0
- Agua destilada
- Una cuchara de té o una cuchara pequeña
- Termómetro capaz de leer  $25 \pm 10^{\circ}\text{C}$ , con una precisión de  $0.1^{\circ}\text{C}$ .
- Varilla mezcladora de vidrio.

## Tamaño de la muestra:

Masa aproximada de 100 g de tamiz de menos 2.00 mm (N° 10).

## Preparación inicial de las muestras para la prueba:

1. La muestra deberá estar en condiciones de humedad para las pruebas de pH. Si la muestra tiene un alto contenido de humedad, puede secarse al aire o en un aparato de secado que no supere los 60°C (140°F) antes de seleccionar la muestra para la prueba.
2. Se obtendrá una muestra representativa para la prueba utilizando un muestreador, o dividiéndola o descuartizándola según la norma R 76.
3. La porción de la muestra seleccionada como ejemplar de ensayo para la prueba de pH se separará en fracciones mediante uno de los siguientes procedimientos:
  - a. Mediante un tamiz de 2.0 mm (N° 10) - La muestra para la prueba se separará en dos fracciones utilizando el tamiz de 2.0 mm. La parte retenida en el tamiz se triturará con un equipo de pulverización. Continúe pulverizando hasta que los agregados de partículas se rompan en granos separados. La muestra de prueba molida se separará en dos fracciones utilizando el tamiz de 2.0 mm.
  - b. Con un tamiz de 4.75 mm y de 2.0 mm (N° 4 y N° 10) - La muestra de ensayo se separará en dos fracciones utilizando el tamiz de 4.75 mm. La parte retenida en el tamiz se triturará con un equipo de pulverización. Continúe pulverizando hasta que los agregados de partículas se rompan en granos separados y se separen de nuevo en el tamiz de 4.75 mm. La fracción que pase el tamiz de 4.75 mm se mezclará y, mediante el uso de un muestreador o por división y despiece, se obtendrá una porción representativa adecuada

para la prueba. La porción dividida se separará entonces en el tamiz de 2.0 mm y se procesará como en la sección "a" anterior.

- c. Con un tamiz de 6.3 mm y de 2.0 mm (1/4in y el N° 10) - La muestra de ensayo se separará en dos fracciones utilizando el tamiz de 6.3 mm. La parte retenida en el tamiz se triturará con un equipo de pulverización. Continúe pulverizando hasta que los agregados de partículas se rompan en granos separados y se separen de nuevo en el tamiz de 6.3 mm. La fracción que pase el tamiz de 6.3 mm se mezclará y, mediante el uso de un muestreador o por división y despiece, se obtendrá una porción representativa adecuada para la prueba. La porción dividida se separará entonces en el tamiz de 2.0 mm y se procesará como en la sección "a" anterior.

## Determinación del pH:

1. Coloque una masa de  $30.0 \pm 0.1$  g de la muestra de prueba en el recipiente de vidrio.
2. Añada  $30.0 \pm 0.1$  g de agua destilada a la muestra de prueba Revuelva para obtener una pasta y luego cubra con el vidrio de reloj.
3. La muestra de prueba debe reposar durante 1 hora, removiéndola cada 10 o 15 minutos. Esto permitirá que la solución se estabilice.
4. Mida la temperatura de la solución pastosa y ajuste el regulador de temperatura del medidor de pH a la de la muestra de prueba. Este ajuste debe hacerse justo antes de la prueba. En los contadores con control automático de la temperatura, siga las instrucciones del fabricante.
5. Estandarice el medidor de pH utilizando las soluciones estandarizadas. La temperatura y los ajustes deben realizarse como se describe en el paso 4. Para estandarizar el medidor de pH, utilice el tampón de pH 7.0 más la otra solución estándar que más se aproxime al valor de pH estimado del material que se está analizando. Ejemplo - Si el medidor está estandarizado a 7.0 y 10.0 y el medidor de pH lee por encima de 10.0, el medidor de pH tendrá que ser estandarizado a 12.0 utilizando esa solución estándar. Repita la prueba después de volver a estandarizar al medidor de pH. Si no se estandariza de forma adecuada el medidor de pH, se obtendrá una lectura/resultado inexacto.
6. Antes de sumergir el (los) electrodo(s) en la muestra de prueba, agite bien con una varilla de vidrio. Coloque el(los) electrodo(s) en la solución pastosa y gire suavemente el recipiente para lograr un buen contacto entre la solución y el(los) electrodo(s). NO coloque los electrodos en la muestra de prueba; colóquelos en la solución pastosa. Tenga cuidado de no dañar el/los electrodo(s) golpeándolo(s) en los lados o en el fondo.
7. Sumerja el( los) electrodo(s) durante 30 s o más en la solución pastosa antes de tomar una lectura. Si su medidor de pH tiene un sistema de lectura automática, señalará de forma automática cuando se estabilice.
8. Lea y registre el valor a la décima más cercana de un número entero.
9. Enjuague el( los) electrodo(s) con agua destilada y luego pase un pañuelo de papel para eliminar cualquier película que se haya formado en el(los) electrodo(s). Tenga cuidado y no frote el( los) electrodo(s) ya que esto puede resultar en la polarización del( los) electrodo(s) y en consecuencia una respuesta lenta. Si se produce la polarización, indicada por una respuesta lenta, enjuague los electrodos y vuelva a secarlos ligeramente.

## Precauciones:

- Inspeccione con regularidad los electrodos para ver si están dañados
- Mantenga los electrodos húmedos durante el almacenamiento y siga las instrucciones del fabricante.
- Guarde la solución tampón estándar en un entorno fresco y oscuro cuando no la utilice. Preste atención a la fecha de caducidad.
- No vierta nunca la solución tampón estándar usada en la botella/contenedor. Elimine los tampones usados de forma adecuada.