

# CÁLCULO DEL PORCENTAJE DE ASFALTO QUE ABSORBE UN AGREGADO

INV E – 781 – 13

## 1 OBJETO

---

- 1.1** Esta norma provee ecuaciones para calcular la cantidad de asfalto que absorbe un agregado en una mezcla asfáltica para pavimento, expresada como un porcentaje de la masa del agregado secado al horno en dicha mezcla. Este cálculo se basa en valores medidos de los componentes y en las propiedades de una mezcla asfáltica secada al horno.
- 1.2** Esta norma reemplaza la norma INV E–781–07.

## 2 RESUMEN DEL MÉTODO

---

- 2.1** El porcentaje de asfalto absorbido en una mezcla para pavimento secada al horno (expresado como porcentaje de la masa seca al horno del agregado total en la mezcla) se puede calcular por medio de ecuaciones a partir de los valores medidos de la gravedad específica máxima de la mezcla, de su contenido de asfalto (expresado bien como porcentaje de la masa total de la mezcla o como porcentaje de la masa seca del agregado contenido en la mezcla), de la gravedad específica aparente del asfalto y de la gravedad específica bulk ponderada del agregado total que forma parte de la mezcla (nota 1).

*Nota 1: La gravedad específica bulk ponderada del agregado seco al horno se refiere al promedio ponderado de las gravedades específicas bulk de los agregados finos y gruesos, secados al horno, determinadas según las normas INV E–222 e INV E–223. El agregado fino ordinariamente incluye la porción de polvo mineral del agregado fino que pasa el tamiz de 75  $\mu\text{m}$  (No. 200). El promedio ponderado se deberá calcular por medio de la ecuación indicada en el numeral 8.3 de la norma INV E–223. En caso de que el agregado fino no incluya el polvo mineral (llenante), la gravedad específica de éste se deberá determinar de acuerdo con la norma INV E–128.*

## 3 IMPORTANCIA Y USO

---

- 3.1** La cantidad de asfalto absorbido por el agregado contribuye poco o nada a la durabilidad de un pavimento asfáltico en servicio, aparte de la posibilidad de proveer una mayor resistencia al desprendimiento de la película de asfalto en presencia de agua.

- 3.2** El porcentaje de asfalto absorbido puede ser un indicador de los cambios que pueden ocurrir en la producción de una mezcla en planta, durante la construcción.
- 3.3** El porcentaje de asfalto absorbido se puede usar para calcular el porcentaje de vacíos con aire durante el diseño de la mezcla asfáltica.

## 4 PROCEDIMIENTO

---

- 4.1** El porcentaje de asfalto absorbido por un agregado en una mezcla asfáltica se determina sobre una muestra secada al horno de dicha mezcla, sea preparada en el laboratorio, sea tomada de una capa de pavimento, u obtenida para control de calidad durante la construcción.
- 4.2** El porcentaje de asfalto que absorbe el agregado de una muestra de mezcla asfáltica secada al horno se establece a partir de valores de la muestra que han sido obtenidos de acuerdo las siguientes normas de ensayo:
- 4.2.1** Normas INV E-735 o INV E-803 (gravedad específica máxima de mezclas asfálticas para pavimentos).
  - 4.2.2** Normas INV E-729, INV E-732 o INV E-743 (contenido de asfalto). Para muestras tomadas de un pavimento o en el control de calidad de la mezcla durante la construcción, el contenido de asfalto se determina con cualquiera de las tres normas citadas. Para muestras de mezclas preparadas en el laboratorio con agregados secos durante la etapa de diseño, se considerará el contenido de asfalto que fue añadido durante la preparación de la mezcla.
  - 4.2.3** Norma INV E-707 (gravedad específica aparente del cemento asfáltico en la muestra de la mezcla).
  - 4.2.4** Normas INV E-222 e INV E-223 (gravedades específicas bulk secas del agregado fino y del agregado grueso incluidos en la muestra de la mezcla asfáltica). Si el agregado fino no incluye el llenante mineral, la gravedad específica de éste se determinará de acuerdo con la norma INV E-128.
  - 4.2.5** Normas INV E-213 o INV E-782 (análisis granulométrico de los agregados). Se empleará la primera de ellas si los agregados se están empleando para elaborar la mezcla, y la segunda cuando el agregado

haya sido recuperado de una mezcla ya elaborada. A partir de ellas, se establecen los porcentajes de agregado grueso, fino y llenante mineral empleados en la muestra de mezcla asfáltica y se determina el promedio ponderado de la gravedad específica bulk del agregado total, por medio de la ecuación incluida en el numeral 8.3 de la norma INV E-223.

## 5 CÁLCULOS

**5.1** Mezclas cuyo contenido de asfalto se expresa como porcentaje de la masa total de una muestra de mezcla secada al horno:

**5.1.1** Cuando se dispone de los valores de los resultados de los ensayos mencionados en los numerales 4.2.1 a 4.2.5, la absorción de asfalto, como porcentaje de la masa del agregado total secado al horno en la muestra de mezcla asfáltica seca al horno, se calcula sustituyendo los valores pertinentes en la siguiente ecuación:

$$A_a = \left[ \frac{P_{bt}}{100 - P_{bt}} + \frac{G_b}{G_{ag}} - \frac{100 \times G_b}{(100 - P_{bt})G_{mm}} \right] \times 100 \quad [781.1]$$

Donde:  $A_a$ : Asfalto absorbido, como porcentaje de la masa de agregado secado al horno;

$P_{bt}$ : Contenido de asfalto, como porcentaje de la masa de la muestra total de mezcla asfáltica secada al horno;

$G_b$ : Gravedad específica aparente del asfalto en la muestra de mezcla asfáltica;

$G_{ag}$ : Gravedad específica bulk (promedio ponderado) del agregado total incluido en la muestra de mezcla asfáltica;

$G_{mm}$ : Gravedad específica máxima de la muestra de mezcla asfáltica.

**5.2** Mezclas cuyo contenido de asfalto se expresa como porcentaje de la masa del agregado total secado al horno, incluido en la muestra de mezcla asfáltica secada al horno:

**5.2.1** En este caso, la ecuación que se debe aplicar es la siguiente:

$$A_a = \left[ \frac{P_{ba}}{100} + \frac{G_b}{G_{ag}} - \frac{(100 + P_{ba})G_b}{100 \times G_{mm}} \right] \times 100 \quad [781.2]$$

Donde:  $P_{ba}$ : Contenido de asfalto como porcentaje de la masa total del agregado secado al horno, incluido en la muestra de mezcla asfáltica secada al horno;

Los otros símbolos tienen los mismos significados dados en el numeral 5.1.1.

*Nota 2: El porcentaje de asfalto absorbido se incrementa al aumentar la gravedad específica máxima de una mezcla asfáltica y su contenido de asfalto, y decrece al aumentar la gravedad específica aparente del asfalto y al aumentar el promedio ponderado de la gravedad específica bulk del agregado total secado al horno.*

## 6 INFORME

- 6.1** Se debe informar la absorción de asfalto como un porcentaje de la masa del agregado total seco al horno, incluido en la muestra de mezcla asfáltica, redondeado a 0.1 % .
- 6.2** Se debe reportar el valor de cada una de las cuatro variables que hacen parte de las ecuaciones de los numerales 5.1.1 y 5.2.1, de la siguiente manera:
- 6.2.1** Gravedad específica máxima de la muestra de mezcla asfáltica secada al horno.
- 6.2.2** Contenido de asfalto, como porcentaje de la masa de la muestra de mezcla asfáltica ( $P_{bt}$  en la ecuación del numeral 5.1.1), o contenido de asfalto, como porcentaje de la masa del agregado total secado al horno, incluido en la muestra de mezcla asfáltica ( $P_{ba}$  en la ecuación del numeral 5.2.1).
- 6.2.3** Gravedad específica aparente del asfalto en la muestra de mezcla asfáltica.
- 6.2.4** Promedio ponderado de la gravedad específica bulk del agregado total seco al horno, incluido en la muestra de mezcla asfáltica secada al horno.

## 7 PRECISIÓN

---

- 7.1** La absorción de asfalto expresada como porcentaje de la masa de agregado secado al horno, en una muestra de mezcla asfáltica, calculada con las ecuaciones de los numerales 5.1.1 y 5.2.1, es matemáticamente exacta.
- 7.2** La precisión del valor reportado para el porcentaje de absorción depende de la exactitud de los valores medidos para cada una de las cuatro variables incluidas en las ecuaciones dadas. Los errores en estos valores medidos pueden tener una influencia importante en el valor del porcentaje de asfalto absorbido. La influencia de estos errores sobre el valor calculado de asfalto absorbido se ilustra con los datos del apartado A.2.1 del Anexo A.

## 8 NORMAS DE REFERENCIA

---

ASTM D 4469 – 11

### ANEXO A (Informativo)

#### EJEMPLO DE CÁLCULO

---

**A.1** *Ejemplo de los cálculos para hallar el porcentaje de asfalto absorbido:*

**A.1.1** La utilidad y el sesgo de las dos ecuaciones para determinar el porcentaje de asfalto absorbido por el agregado en una muestra de mezcla asfáltica de pavimentación se ilustra con los cálculos siguientes para una muestra determinada:

**A.1.2** *Cálculo numérico* – Se asume lo siguiente:

**A.1.2.1** Gravedad específica máxima de la muestra de mezcla para pavimentar, secada al horno = 2,501.

**A.1.2.2** Contenido de asfalto en la muestra de mezcla asfáltica para pavimentar seca al horno, expresado como porcentaje de la masa total de la mezcla secada al horno  $P_{bt} = 6.2$  (para usar con la ecuación del numeral 5.1.1).

**A.1.2.3** El contenido de asfalto, expresado como porcentaje de la masa total del agregado seco ( $P_{ba}$ ), será:

$$P_{ba} = \frac{P_{bt}}{100 - P_{bt}} \times 100 = \frac{6.2}{100 - 6.2} \times 100 = 6.61$$

**A.1.2.4** Gravedad específica aparente del asfalto en la muestra de mezcla asfáltica = 1,015.

**A.1.2.5** Gravedad específica bulk (promedio ponderado) del agregado total seco al horno en la muestra de mezcla asfáltica = 2,673.

**A.1.2.6** *Base de cálculo* – 100 cm<sup>3</sup> de mezcla asfáltica con su gravedad específica máxima.

**A.1.2.7** Masa de los 100 cm<sup>3</sup> de mezcla asfáltica = 100 × 2.501 = 250.1 g.

**A.1.2.8** Masa del asfalto = (6.2/100) × 250.1 = 15,51 g.

**A.1.2.9** Volumen del asfalto = (15.51/1.015) = 15.28 cm<sup>3</sup>.

**A.1.2.10** Masa del agregado = (93.8/100) × 250.1 = 234.59 g.

**A.1.2.11** Volumen del agregado = 234.59/2.673 = 87.76 cm<sup>3</sup>.

**A.1.2.12** Volumen del asfalto más volumen del agregado = 15.28 + 87.76 = 103.04 cm<sup>3</sup>.

**A.1.3** La diferencia entre 103.04 cm<sup>3</sup> y el volumen original de la mezcla usado como base del cálculo, 100 cm<sup>3</sup>, representa el volumen de asfalto absorbido dentro de los poros de las partículas individuales de agregado. Por lo tanto:

$$\text{Volumen de asfalto absorbido} = 103.04 - 100 = 3.04 \text{ cm}^3$$

$$\text{Masa del asfalto absorbido} = 3.04 \times 1.015 = 3.09 \text{ g}$$

$$\text{Porcentaje de asfalto absorbido} = \frac{3.09}{234.59} \times 100 = 1.32 \%$$

*Nota A.1: En el anterior ejemplo de cálculo se empleó el contenido de asfalto expresado como porcentaje de la masa de la mezcla total seca al horno. Un valor idéntico de porcentaje de*

*asfalto absorbido se obtiene cuando los cálculos se basan en el contenido de asfalto expresado como porcentaje de la masa del agregado total seco al horno.*

**A.1.4** Sustitución en la ecuación del numeral 5.1.1:

$$A_a = \left[ \frac{P_{bt}}{100 - P_{bt}} + \frac{G_b}{G_{ag}} - \frac{100 \times G_b}{(100 - P_{bt})G_{mm}} \right] \times 100 = \left[ \frac{6.2}{100 - 6.2} + \frac{1.015}{2.673} - \frac{100 \times 1.015}{(100 - 6.2)2.501} \right] \times 100 = 1.3 \%$$

**A.1.5** Sustitución en la ecuación del numeral 5.2.1:

$$A_a = \left[ \frac{P_{ba}}{100} + \frac{G_b}{G_{ag}} - \frac{(100 + P_{ba})G_b}{100 \times G_{mm}} \right] \times 100 = \left[ \frac{6.61}{100} + \frac{1.015}{2.673} - \frac{(100 + 6.61)1.015}{100 \times 2.501} \right] \times 100 = 1.3 \%$$

**A.1.5** Se demuestra, por lo tanto, que por medio de ambas ecuaciones se puede determinar el porcentaje de asfalto absorbido en los poros de las partículas del agregado en la muestra de mezcla asfáltica, siempre que se disponga de las cuatro variables incluidas en ellas.

**A.2** *Influencia que tienen sobre el porcentaje de asfalto absorbido los errores en cada una de las cuatro variables incluidas en las dos ecuaciones.*

**A.2.1** La influencia de errores en la medida de cada uno de las cuatro variables, a saber, (a) la gravedad máxima de una mezcla asfáltica secada al horno, (b) el contenido de asfalto, bien sea expresado como porcentaje de la masa seca de la muestra de mezcla asfáltica o como porcentaje de la masa del agregado total secado al horno de la muestra de mezcla asfáltica, (c) la gravedad específica aparente del asfalto en la mezcla asfáltica, y (d) la gravedad específica bulk del agregado total de la mezcla asfáltica secado al horno, se ilustra para cada una de ellas en la Tabla 781A - 1. Se asumen como correctos los valores listados en la primera fila para cada una de estas cuatro variables de una mezcla asfáltica típica para pavimentación (son los mismos valores usados para el ejemplo de cálculo en el numeral A.1.2). Se debe notar que el rango de errores es relativamente pequeño para cada una de las variables en la tabla, los cuales están dentro de los límites establecidos en la declaración de precisión sobre reproducibilidad en las normas de ensayo correspondientes a la determinación de cada variable. En la Tabla 781A - 1 se ilustra el efecto de los errores de cada una de las cuatro variables sobre la absorción del asfalto, cambiando el valor de cada una de ellas mientras las otras tres se mantienen constantes. Cada variable que se hace cambiar dentro de su rango de reproducibilidad, está marcada por el símbolo (a).

**A.2.2** Los valores mínimo y máximo de asfalto absorbido que podrían ocurrir sobre la base de los datos de la Tabla 781A - 1, debido a la combinación de errores más fortuita en la determinación de las cuatro variables, se presentan en la Tabla 781A - 2.

**A.2.3** Consecuentemente, siempre y cuando los errores en una variable para la determinación del porcentaje de asfalto absorbido estén dentro de los límites de precisión sobre reproducibilidad para esa variable, para el caso de los cálculos del ejemplo presentado en los numerales A.1.2, A.1.3, A.1.4 y A.1.5, el valor reportado para el porcentaje de asfalto absorbido se puede encontrar en el rango definido por los valores extremos  $-0.38$  y  $3.05$  %.

Tabla 781A - 1. Efectos de los errores de medición sobre el porcentaje calculado de asfalto absorbido

GRAVEDAD ESPECÍFICA MÁXIMA	CONTENIDO DE ASFALTO, % <sup>A</sup>	GRAVEDAD ESPECÍFICA APARENTE DEL ASFALTO	GRAVEDAD ESPECÍFICA BULK DEL AGREGADO TOTAL	% DE ASFALTO ABSORBIDO
2.501	6.2	1.015	2.673	1.32
2.482 (a)	6.2	1.015	2.673	0.98
2.491 (a)	6.2	1.015	2.673	1.14
2.511 (a)	6.2	1.015	2.673	1.49
2.520 (a)	6.2	1.015	2.673	1.64
2.501	5.39 (a)	1.015	2.673	0.77
2.501	5.7 (a)	1.015	2.673	0.98
2.501	6.7 (a)	1.015	2.673	1.66
2.501	7.01 (a)	1.015	2.673	1.85
2.501	6.2	1.013 (a)	2.673	1.33
2.501	6.2	1.017 (a)	2.673	1.31
2.501	6.2	1.015	2.615 (a)	2.16
2.501	6.2	1.015	2.635 (a)	1.86
2.501	6.2	1.015	2.653 (a)	1.61
2.501	6.2	1.015	2.663 (a)	1.46
2.501	6.2	1.015	2.683 (a)	1.18
2.501	6.2	1.015	2.693 (a)	1.03
2.501	6.2	1.015	2.713 (a)	0.76
2.501	6.2	1.015	2.731 (a)	0.51

<sup>A</sup> Basado en la masa de la mezcla total seca al horno (kg de asfalto por 100 kg de mezcla total seca al horno)



Tabla 781A - 2. Porcentajes mínimo y máximo calculados de asfalto absorbido debido a errores de medición

GRAVEDAD ESPECÍFICA MÁXIMA	CONTENIDO DE ASFALTO, % <sup>A</sup>	GRAVEDAD ESPECÍFICA APARENTE DEL ASFALTO	GRAVEDAD ESPECÍFICA BULK DEL AGREGADO TOTAL	% DE ASFALTO ABSORBIDO
<i>Para el mínimo de asfalto absorbido</i>				
2.482	5.39	1.017	2.731	- 0.38
<i>Para el máximo de asfalto absorbido</i>				
2.520	7.01	1.013	2.615	3.05

<sup>A</sup> Basado en la masa de la mezcla total seca al horno (kg de asfalto por 100 kg de mezcla total seca al horno)

NORMAS Y ESPECIFICACIONES 2012 INVIAS