

Entumecimiento de los áridos mezclados con materiales bituminosos

1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACION

1.1 Esta norma describe el procedimiento que debe seguirse para determinar el entumecimiento de las mezclas bituminosas compactadas de tipo denso, y el de los áridos utilizados en tales mezclas. En el método se cuantifica el aumento de volumen de la muestra de ensayo, por causa de la acción del agua sobre aquélla.

1.2 El entumecimiento, hinchazón o aumento de volumen de las mezclas bituminosas compactadas, viene definido por el incremento relativo de volumen de la muestra cuando se mantiene sumergida en agua. Se produce aumento de volumen, entre otras causas, si en el árido hay minerales arcillosos susceptibles al agua o si ésta se interpone entre la superficie del árido y la capa de betún que lo envuelve.

1.3 Se describen dos métodos adoptando uno u otro de acuerdo con el fin pretendido. El método **A** se utiliza para ensayar mezclas bituminosas procedentes de obra, o para mezclas elaboradas en el laboratorio con granulometría, materiales y proporciones de los mismos tal como se proyecte emplearlos en obra. El método **B** se aplica cuando el fin pretendido sea exclusivamente comparar las características de entumecimiento de diferentes áridos, con independencia del tipo de ligante y granulometría considerados; por tanto, permite una clasificación de todos los posibles áridos para utilizar en mezclas densas, respecto a esta característica, con ese único criterio.

2 APARATOS Y MATERIAL NECESARIOS

2.1 Recipientes para la mezcla. Metálicos, de forma y tamaño conveniente para realizar la mezcla de áridos y ligante.

2.2 Moldes. Los moldes empleados en el método **A** serán cilindros de acero, de $101,5 \pm 0,1$ mm de diámetro interior y $127,0 \pm 0,5$ mm de altura; los moldes para el método **B** serán de $76,0 \pm 0,1$ mm de diámetro interior y $51,0 \pm 0,5$ mm de altura. Es-

tos moldes tendrán sus bordes paralelos y mecanizados (Fig. 1).

2.3 Discos perforados y vástago. Discos de bronce, de $99,0 \pm 0,5$ mm de diámetro y 4 ± 1 mm de espesor para acoplar a los moldes del método **A**, y de $74,0 \pm 0,5$ mm de diámetro y de 3 ± 1 mm de espesor para los moldes del método **B**. Estos discos estarán perforados en toda su superficie con agujeros que no excedan de 1,6 mm de diámetro pero que permitan la libre circulación de agua a su través. Asimismo, dispondrán de un vástago adosado perpendicularmente al plano del disco y en su centro; un sistema de tornillo permitirá regular la altura del mismo (fig. 1).

2.4 Pisón o maza. El pisón para el apisonado preliminar de la probeta consistirá de una maza metálica con una cara de golpeo de $50,0 \pm 0,2$ mm de diámetro y una masa de $2,50 \pm 0,01$ kg provisto de una guía para controlar la verticalidad y la altura de caída (Nota 1).

Nota 1. El pisón o maza utilizado en el ensayo de apisonado Proctor, NLT-107, cumple las referidas características, por lo que se puede utilizar en el método que la presente Norma describe.

2.5 Pistones de compresión. Cilíndricos de acero de unos 100 mm de alto para el método **A**, y de unos 50 mm para el método **B**. El diámetro de los pistones será el apropiado para que éstos puedan deslizarse suavemente, sin rozamiento, dentro de los respectivos moldes, pero sin excesivas holguras.

2.6 Prensa. La prensa será de cualquier tipo, adecuada para ejercer e indicar las cargas requeridas que se especifican en el ensayo, 112 kN y 67 kN. Para ensayos en obra es competente el empleo de un bastidor rígido y un gato hidráulico con manómetro de carga suficiente.

2.7 Dispositivo de medida. Comparador de esfera con divisiones de 0,01 mm o menores, acoplado a un soporte, trípode o puente, de modo que sea posible medir las variaciones de altura de la probeta de ensayo en su punto central durante el desarrollo del método. El soporte se apoyará sobre el borde supe-

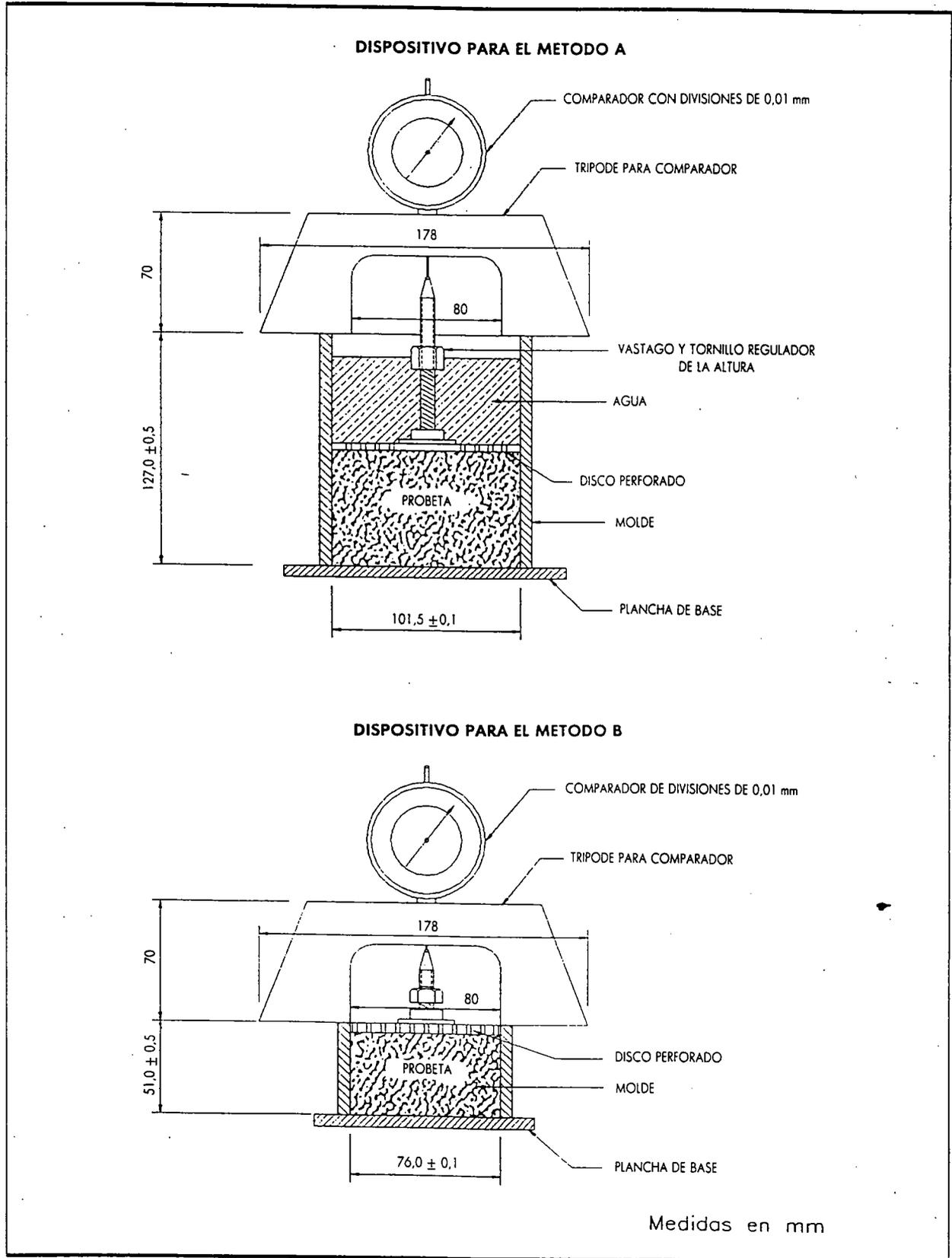


FIGURA 1. Moldes y sistema de medida para el ensayo de entumecimiento.

rior del molde y se podrá retirar y reponer sin que se alteren las lecturas del comparador. En la figura 1 se muestra el montaje del conjunto molde, placa perforada, soporte y comparador, en disposición de ensayo.

2.8 Planchas de base. Metálicas de unos 160 cm² para el método A y 100 cm² para el B.

2.9 Baño de agua. Un recipiente de chapa metálica de unos 4 mm de espesor y dimensiones de (300 × 300 × 130) mm, largo, ancho, alto.

2.10 Material general. Estufa, espátulas, guantes, etc.

2.11 Ligante bituminoso. De acuerdo con el método, A o B, que se deba seguir, se optará por lo especificado en la cláusula pertinente de las que se refieren a continuación:

2.11.1 Método A. El ligante bituminoso será el mismo que el utilizado o que se vaya a utilizar en obra.

2.11.2 Método B. El ligante bituminoso será un betún fluidificado tipo FM 150 (anterior denominación: MC-2) o cualquier otro de análoga viscosidad. Con la finalidad de obtener resultados comparables, cada laboratorio empleará siempre el mismo material bituminoso siendo, por tanto, necesario disponer en reserva de una cantidad suficiente de aquél, del que se conocerá su origen y características con el objeto de reponerlo, cuando sea oportuno, por otro similar.

3 PROCEDIMIENTO

3.1 Método A.

3.1.1 Se toma por cuarteo una muestra representativa del árido con una masa de unos 1.000 g y se determina ésta con precisión de 0,1 g sobre el recipiente para el mezclado.

3.1.2 Se calientan los áridos a la temperatura de mezclado, que será igual a la que le corresponda al ligante (ver 3.1.3) con una tolerancia de hasta + 10 °C por encima de aquélla.

3.1.3 Se añade a los áridos calientes la cantidad de ligante bituminoso prescrita en el proyecto o la necesaria para obtener una mezcla satisfactoria. La temperatura del ligante será la necesaria para que su viscosidad sea la especificada en la Tabla 1 (ver las normas NLT-159, apartado 3.13, y NLT-166, tabla 1).

Ligante tipo	Temp. mezcla °C
Betunes de penetración	la precisa para que la viscosidad sea 170 ± 20 cSt (85 ± 10 SSF)
Alquitranes BQ30 y AQ38 AQ46 BQ58 y BQ62	60 ± 3 70 ± 3 90 ± 3
Betún fluidificado FM150	35 ± 2

TABLA 1. Temperatura de mezcla de los ligantes.

3.1.4 Se mezclan bien los áridos con el ligante hasta conseguir una mezcla uniforme de los materiales.

3.1.5 Si la mezcla procede de la obra, se calienta (ver 3.1.6) una muestra de unos 1.000 g (± 0,1 g) y se sigue el procedimiento general descrito a continuación.

3.1.6 Una vez realizada la mezcla se lleva ésta a una estufa y se mantiene durante unas 20 horas a 60 ± 2 °C para su curado.

3.1.7 Pasadas las veinte horas del curado de la mezcla, se saca de la estufa y de inmediato se transfiere al molde de 101,5 mm de diámetro y se compacta, con 50 golpes efectuados con el pisón distribuidos con uniformidad sobre la superficie de la mezcla, y con el molde situado sobre la plancha de base correspondiente.

3.1.8 Después de la compactación se da la vuelta al molde de manera que la superficie de la probeta donde se aplicó la compactación quede ahora en la parte inferior enfrentada a la plancha de base.

3.1.9 Se coloca el pistón de compactación sobre la superficie superior de la probeta y se aplica, lentamente, la carga hasta 112 kN (~ 11.400 kgf) manteniéndola una vez alcanzada durante 1 min ± 1 s. (La probeta desciende hasta tocar la plancha de base.)

3.1.10 Se retira el pistón del molde y se deja transcurrir, aproximadamente, 1 hora antes de efectuar la medida inicial.

3.1.11 Concluido este tiempo, se coloca sobre la probeta de ensayo el disco perforado provisto del vástago, de modo que quede perfectamente asentado sobre la superficie de la probeta.

3.1.12 Se sitúa sobre el borde superior del molde, que contiene la probeta de ensayo, el dispositivo de medida y se realiza la medida inicial de la altura de la superficie de la probeta, utilizando como plano de referencia el propio borde superior del molde.

3.1.13 Se llena el molde con agua, a 25 ± 2 °C hasta una altura de 50 ± 1 mm por encima de la superficie de la probeta y se mantiene esta situación durante $24 \text{ h} \pm 15$ min.

3.1.14 Finalizado el período de inmersión se realiza la lectura final de la altura de la superficie de la probeta al igual que como se refiere en el anterior apartado 3.1.12.

3.2 Método B.

3.2.1 De acuerdo con la granulometría del árido para estudiar, se toma por cuarteo la cantidad aproximada del mismo que pasando el tamiz UNE 6,30 mm, permita, posteriormente, obtener unos 400 g de la mezcla con él fabricada que, a su vez, pase el tamiz UNE 2,00 mm.

3.2.2 Se transfiere el árido al recipiente de mezcla y se calienta en una estufa a temperatura de 110 ± 5 °C.

3.2.3 A continuación se procede a mezclar el árido con el ligante, betún fluidificado, FM-150, en cantidad bastante para producir una mezcla del mismo con el árido propicia y homogénea.

3.2.4 La mezcla obtenida se deja, para su curado, a la temperatura ambiente del laboratorio durante unas 20 horas.

3.2.5 Se tamiza la mezcla por el tamiz UNE 2,00 mm y se desecha todo el material retenido.

3.2.6 Los aproximadamente 400 g de mezcla, que han pasado por el tamiz de 2,00 mm, se transfieren al molde de 76 mm de diámetro, colocado sobre la plancha de base oportuna, y se compactan, mediante 30 golpes efectuados con la maza, distribuidos con uniformidad, procurando que se obtenga una altura de mezcla compactada de unos 44-45 mm.

3.2.7 Se sitúa el pistón sobre la superficie superior de la mezcla en el molde, y se aplica la carga lentamente hasta 67 kN (~6.800 kgf) manteniéndola, una vez alcanzada, durante $1 \text{ min} \pm 1$ s.

3.2.8 Se retira el pistón y se limpia el molde del material suelto; se vierte sobre la superficie de la probeta parafina fundida con el fin de conseguir un cierre impermeable de la superficie.

3.2.9 Se da la vuelta al molde de manera que la superficie que estuvo en contacto con la plancha de base quede en la parte superior y viceversa.

3.2.10 Se coloca sobre la probeta de ensayo, dentro del molde, el disco perforado adecuado provisto del vástago de manera que quede perfectamente asentado sobre la superficie de aquélla.

3.2.11 Se sitúa sobre el borde superior del molde, que contiene la probeta de ensayo, el dispositivo de medida y se anota la lectura inicial, indicada por el comparador, de la altura de la superficie de la probeta respecto al plano de referencia definido por el borde superior del molde.

3.2.12 Se sumerge el molde con la probeta en el baño de agua a 25 ± 2 °C durante $24 \text{ h} \pm 15$ min, de tal suerte que el nivel del agua en el baño esté 50 ± 1 mm por encima de la superficie superior de la probeta.

3.2.13 Transcurridas las 24 horas de inmersión se retira del baño el molde con la probeta y se efectúa la lectura final de la altura de la superficie de la probeta, tal y como se describe en 3.2.11.

4 RESULTADOS

4.1 La diferencia entre las alturas inicial y final se define como el entumecimiento o hinchamiento de la muestra, en las condiciones de ensayo establecidas. Esta diferencia se expresará en 0,01 mm.

4.2 En el informe del ensayo se incluirán los siguientes datos:

- Método aplicado (A o B).
- Tipo de árido y material bituminoso utilizado.
- Porcentaje de ligante empleado.
- Altura inicial y final de la probeta, en 0,01 mm.
- Entumecimiento expresado en porcentaje con respecto a la altura inicial de la probeta:

$$E = \frac{L_F - L_I}{L_O} \cdot 100$$

donde

E = entumecimiento, %

L_F = lectura final (0,01 mm)

L_I = lectura inicial (0,01 mm)

L_O = altura inicial de la probeta (0,01 mm)

4.3 El valor medio de las determinaciones efectuadas en tres o más probetas, es el valor del resultado del ensayo. Se desearán los valores que difieran en más de 0,5 unidades del valor medio.

4.4 No se ha determinado la precisión del ensayo.

5 OBSERVACION GENERAL A LA NORMA DE ENSAYO

La determinación del entumecimiento o hinchamiento, producido en la muestra de mezcla en las condiciones del ensayo, puede realizarse por un procedimiento optativo, en el que se miden los volúmenes inicial y final de la probeta, antes y después del período de inmersión, por el método hidrostático, en vez de medida de alturas con el comparador. Este procedimiento, con modificaciones no fundamentales respecto a la marcha general que se describe en esta Norma, es el que se refiere en la norma alemana DIN 1996 Part 9 que se ofrece al público en versión inglesa (ver Capítulo 6 «Correspondencia con otras normas»).

6 CORRESPONDENCIA CON OTRAS NORMAS

AASHTO T 101-42 «Determining Swell Characte-

ristics of Aggregates when Mixed with Bituminous Materials».

DIN 1996 Part 9 (1981) «Testing of Bituminous Materials for Road Building and Related Purposes; Swelling Test».

VSS-SN 670 845 (1977) «Filler pour enrobés hydrocarbonés. Modification du volume d'éprouvettes par immersion dans l'eau.»

7 NORMAS PARA CONSULTA

NLT-107 «Aplisonado Proctor».

NLT-159 «Resistencia a la deformación plástica de mezclas bituminosas empleando el aparato Marshall».

NLT-166 «Adhesividad de los ligantes bituminosos a los áridos en presencia del agua».