

Resistencia a compresión simple de mezclas bituminosas

1 OBJETO, FUNDAMENTO Y CAMPO DE APLICACIÓN

1.1 Esta norma de ensayo describe el procedimiento que debe seguirse para determinar la resistencia a compresión simple de las mezclas bituminosas compactadas.

1.2 Las resistencias a compresión simple de las probetas preparadas y ensayadas según este método de ensayo, juntamente con los valores de densidad y huecos, son de utilidad en el estudio y proyecto de mezclas bituminosas para pavimentación de carreteras.

1.3 El procedimiento que se describe de fabricación, curado y ensayo de las probetas es también de aplicación al método de ensayo para determinar la susceptibilidad de las mezclas al agua, referido en la norma NLT-162.

1.4 Para la realización del ensayo se fabrica un conjunto de probetas cilíndricas de igual diámetro que altura (esbeltez 1:1) que se compactan en prensa de doble émbolo y posteriormente, después de un período de curado, se ensayan a compresión axial a una velocidad especificada.

2 APARATOS Y MATERIAL NECESARIO

2.1 Moldes y émbolos, cilíndricos de acero con la forma y dimensiones que se detallan en la fig. 1. Se podrán utilizar moldes y émbolos de otros tamaños siempre que el diámetro interior del molde sea, como mínimo, cuatro veces el tamaño máximo nominal del árido grueso constitutivo de la mezcla y que tal diámetro no sea inferior a 50,8 mm.

2.1.2 La diferencia máxima entre el diámetro interior del molde y el diámetro del émbolo será de 1,27 mm. No se especifica diferencia mínima pero será tal que permita un deslizamiento sin rozamiento entre ambos.

2.1.3 Para las probetas de 101,6 mm de diámetro por 101,6 mm de altura el espesor nominal de las paredes del molde será de 6,4 mm.

2.1.4 El émbolo inferior será de $(50,8 \pm 3,2)$ mm de altura y el superior tendrá una altura adecuada. Los émbolos pueden diseñarse de distinta forma (la figura es orientativa). Los émbolos serán de construcción sólida, con sus extremos de espesor no menor de 12,7 mm.

2.2 Soportes. Para mantener temporalmente los moldes por encima de la base de sustentación del émbolo inferior. Están formados por dos varillas de acero de sección cuadrada de 25 mm de lado y 75 mm de longitud.

2.3 Máquina para ensayo. Puede ser cualquier tipo de prensa que cumpla las condiciones de velocidad y carga de aplicación de la misma especificadas en el ensayo. Puesto que la velocidad de deformación vertical para el ensayo de compresión está establecida en 0,05 mm/min.mm (milímetros por minuto y por milímetro de altura de la probeta) y puede ser necesario ensayar probetas con tamaños desde 50,8 x 50,8 mm hasta 203,2 x 203,2 mm, con el fin de cumplir la relación mínima diámetro probeta: tamaño partícula árido (4:1), la máquina de ensayo debe tener un campo de velocidades controladas desde 2,5 mm/min para las probetas de 50,8 mm, hasta 10,2 mm/min para las probetas de 203,2 mm. Los platos de carga de la prensa serán de acero, planos con superficies endurecidas, la superior provista de asiento esférico y la inferior plano, sirviendo ésta de base de apoyo a la probeta. El tamaño de ambos platos será ligeramente superior al diámetro de las probetas mayores que se ensayen y con sus superficies de apoyo rectificadas, no permitiéndose variaciones en altura, respecto al plano verdadero, superiores a 0,013 mm en platos nuevos, y a 0,025 mm en platos en uso. En el plato superior con apoyo esférico, el centro de esta esfera coincidirá con el centro geométrico del plato, el que estará, en todo momento, firmemente sostenido en su apoyo, pero permitiendo que el plato gire y se incline libremente en cualquier dirección.

2.4 Estufa. Para el calentamiento de los materiales y la preparación de las mezclas, que se pueda regular y mantener a cualquier temperatura especificada de mezcla $\pm 3^{\circ}\text{C}$.

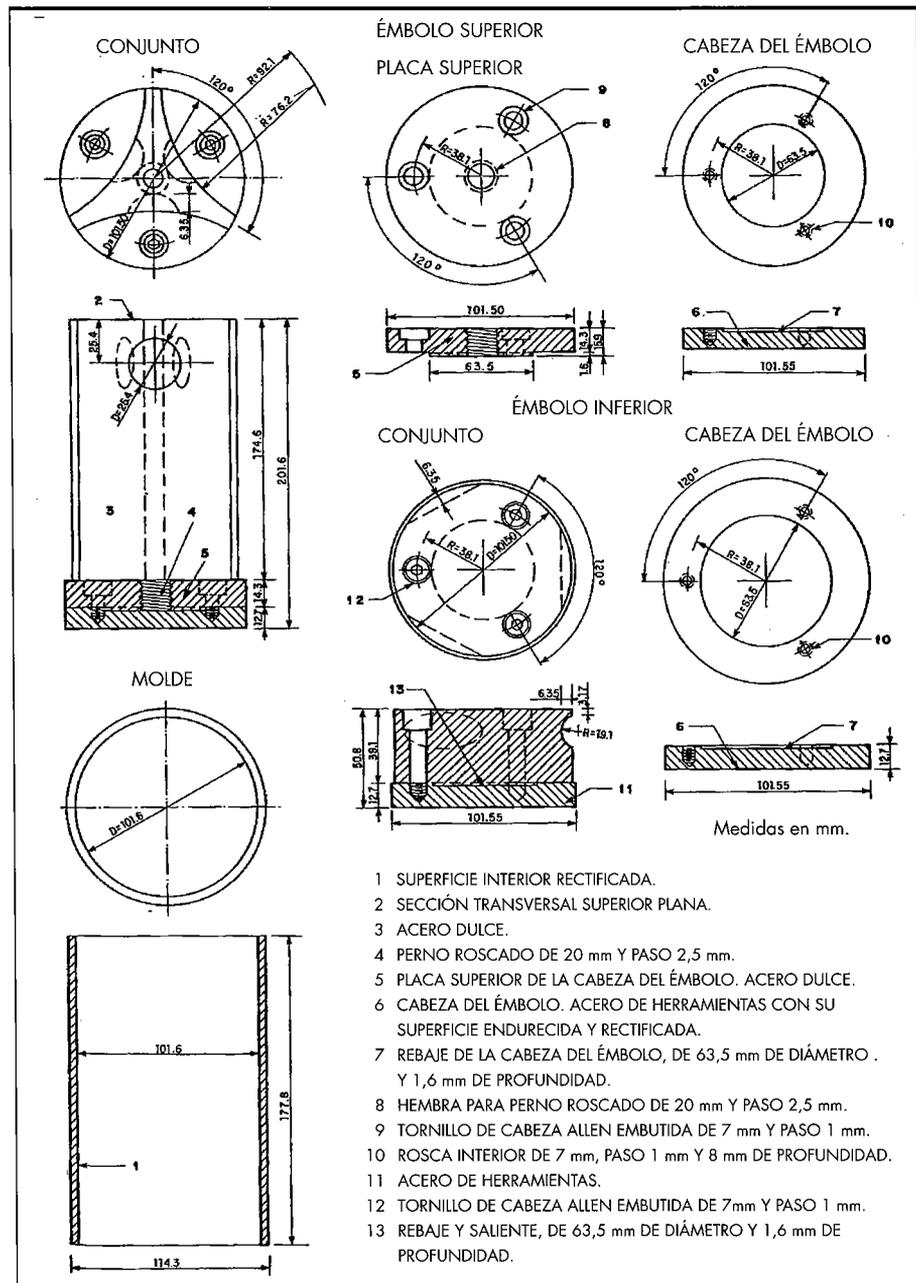


FIGURA 1. Conjunto de compactación

2.5 Baño de aire. Recinto con control automático o manual de la temperatura y capacidad suficiente para alojar las probetas de ensayo a $(25 \pm 1)^\circ\text{C}$.

2.6 Balanza. Campo de pesada 2000 g como mínimo y sensibilidad de 0,1 g como mínimo.

2.7 Mezcladora mecánica. Las mezclas se prepararán preferiblemente en mezcladora mecánica. Se puede utilizar cualquier tipo de mezcladora siempre que pueda mantener la temperatura es-

pecificada de mezcla y efectuar una envuelta homogénea y completa de los materiales, en un tiempo máximo de 2 minutos. La forma y disposición de las paletas deberá reducir al mínimo la adherencia a éstas de parte de la mezcla. Si fuese inevitable, el mezclado se puede efectuar manualmente, aunque se tendrá en cuenta que en las mezclas en caliente los tiempos necesarios para conseguir una envuelta manual correcta pueden ser excesivos; los resultados de los ensayos son menos uniformes que cuando se utiliza el mezclado mecánico.

2.8 Tamices de ensayo. Serie de tamices de ensayo adecuados a la especificación granulométrica de que se trate y que cumplan los requisitos de la norma UNE 7.050 "Tamices de ensayo".

3 PROCEDIMIENTO

3.1 Preparación de las probetas para ensayo

3.1.1 Dimensiones de las probetas. Generalmente, las probetas para este ensayo serán cilíndricas, de 101,6 mm de diámetro y 101,6 mm de altura. La norma admite, sin embargo, que se puedan fabricar probetas cilíndricas de otros tamaños, desde 50,8 mm de diámetro y altura para las más pequeñas, hasta 203,2 mm también de diámetro y altura para las mayores, aunque, debido a que el tamaño de la probeta influye en los resultados del ensayo de resistencia a compresión, se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- La altura de la probeta será igual a su diámetro $\pm 2,5\%$.
- El diámetro de la probeta no será inferior a cuatro veces el tamaño máximo nominal del árido grueso empleado.
- En ningún caso el diámetro de la probeta será inferior a 50,8 mm.

3.1.2 Preparación de los áridos. Las distintas fracciones de árido grueso, fino y polvo mineral necesarias para la mezcla se preparan por separado, combinándolas posteriormente para la obtención de la granulometría proyectada. Se recomienda el fraccionamiento de los áridos con los siguientes tamices UNE: 25 mm, 20 mm, 10 mm, 5 mm, 2,5 mm, 315 μm y 80 μm .

3.1.3 Temperaturas de mezcla y compactación. Si el ligante empleado es un betún asfáltico, sus temperaturas de mezcla y compactación serán las adecuadas para que su viscosidad en el proceso de mezcla sea de (170 ± 20) cSt (85 ± 10 SSF) y en el de compactación de (280 ± 30) cSt (140 ± 15 SSF). Si se utiliza un alquitrán, las viscosidades respectivas serán de (25 ± 3) grados Engler para la mezcla y (40 ± 5) grados Engler para la compactación.

3.1.4 Preparación de las mezclas. Las probetas se preparan todas individualmente, limitando las cantidades en cada amasada a las requeridas para una probeta. La cantidad de ligante calculada para la amasada se calienta a la temperatura necesaria, según el apartado 3.1.3, en un recipiente que en

ningún caso estará en contacto directo con la llama o placa de calefacción sin interponer la debida protección, agitándolo continuamente mientras dure el calentamiento. También se podrá optar por calentar el material bituminoso necesario para el trabajo de una jornada en un recipiente con baño interpuesto de parafina; en este caso, todo el material sobrante de la jornada será desechado. Las cantidades pesadas de cada árido se mezclan en seco completamente, calentándolas a continuación a la misma temperatura que el ligante. Cuando los áridos y el ligante hayan alcanzado la temperatura de mezcla, se carga el recipiente de mezclado, previamente calentado a una temperatura aproximada a la de los áridos, con la cantidad necesaria de éstos, ya premezclados, se pesa a continuación sobre el mismo recipiente la cantidad calculada de material bituminoso. Se inicia seguidamente el proceso de mezcla, cuya duración debe estar comprendida entre 1,5 y 2 minutos. Debe evitarse una excesiva pérdida de calor durante el tiempo de mezclado, colocando debajo del recipiente de mezcla una pequeña placa de calefacción, un baño de arena caliente o una lámpara de infrarrojos. La primera mezcla fabricada se utiliza para embadurnar las paletas y paredes de la mezcladora, extra-yéndola seguidamente y rascando con una espátula flexible el interior del recipiente y las paletas, no debiendo emplearse en esta operación trapos ni disolventes hasta que haya finalizado el trabajo o hubiera que cambiar de ligante. En primer lugar se fabrica una probeta de prueba, con objeto de calcular la cantidad de mezcla necesaria para conseguir la altura prescrita en el apartado 3.1.1; se puede destinar para esta finalidad la mezcla inicial empleada en embadurnar la mezcladora.

3.1.5 Compactación de las probetas. Las mezclas recién fabricadas se dejan enfriar en la mezcladora hasta que alcancen la temperatura de compactación necesaria. Cuando el ensayo se vaya a realizar con mezclas anteriormente fabricadas y frías, se calentarán éstas en una estufa mediante un calentamiento suave y uniforme hasta alcanzar la temperatura de compactación correspondiente (Nota 2). Los moldes y los pistones de compactación se calientan en estufa a una temperatura próxima a la de compactación; se sacan de la estufa y se engrasa ligeramente su interior mediante un trapo limpio impregnado con algunas gotas de aceite, colocando finalmente el molde sobre el pistón inferior, intercalando las dos varillas soporte. Tan pronto como la mezcla haya alcanzado su temperatura de compactación, comprendida dentro de los límites marcados para el ligante en el apartado 3.1.3, se vierte aproximadamente la mitad de la misma en el molde, distribuyéndola mediante 25

golpes aplicados con una espátula caliente, aplicando los 15 primeros en la periferia y los restantes distribuidos al azar; seguidamente se añade el resto de la mezcla y se aplican también de forma similar otros 25 golpes de espátula. En estas operaciones la espátula debe penetrar lo más profundamente posible en la mezcla; se ha encontrado ventajoso el empleo de una espátula con sus bordes redondeados. Finalmente, a la parte superior de la mezcla se le da un acabado ligeramente cónico o esférico, para facilitar el asentamiento del pistón superior. A continuación se coloca el pistón superior, y manteniendo todavía las varillas soporte intercaladas, se aplica sobre la mezcla una presión inicial de 1 MPa (10 kgf/cm²), con objeto de asentar inicialmente la mezcla; se retiran entonces las dos varillas soporte, para proceder a la doble acción de los émbolos y se comienza la compactación definitiva de la mezcla mediante la aplicación de una carga creciente, regulando la velocidad lo más uniformemente posible, hasta alcanzar en un tiempo de 2 a 3 minutos una presión máxima de 21 MPa (210 kgf/cm²), manteniendo esta presión sobre la mezcla durante dos minutos. Para las probetas normalizadas de 101,6 mm de diámetro, esta presión representa una carga de unos 170 kN (~17.350 Kgf). Las probetas se dejan enfriar dentro del molde durante dos horas y se extraen a continuación mediante cualquier dispositivo que permita deslizar de una manera suave y uniforme la probeta. Una vez extraídas, se dejan al aire durante un tiempo próximo a las dieciocho horas antes de ensayarlas.

Nota 2. Cuando se trate de mezclas recalentadas, debe tenerse en cuenta, que este tipo de mezclas suelen dar valores de la resistencia más altos que las mezclas recién preparadas.

3.1.6 Densidad relativa de las probetas. La determinación de la densidad relativa de las probetas se puede realizar una vez transcurrido el período de dieciocho horas descrito en el apartado 3.1.5. La norma NLT-168 detalla el procedimiento, empleando el método saturado superficie seca.

3.2 Realización del ensayo

3.2.1 Antes de ensayarlas, las probetas se introducen en un baño de aire regulado a $(25 \pm 1)^\circ\text{C}$ durante un tiempo mínimo de 4 horas.

3.2.2 A continuación, se coloca la probeta en el centro del plato de carga de la máquina de ensayo y se somete a compresión axial sin soporte lateral, a una velocidad de deformación constante equivalente a 0,05 mm/min por milímetro de altura de la probeta. Para las probetas normalizadas de 101,6

mm de diámetro, este valor representa una velocidad de deformación de 5,08 mm/min.

4 RESULTADOS

4.1 Cálculos

4.1.1 Se determina la resistencia a compresión simple de cada probeta, dividiendo la carga máxima obtenida en el ensayo por el área de su sección transversal (81,1 cm² para las probetas de 101,6 mm de diámetro).

4.1.2 En cada ensayo se emplea un mínimo de tres probetas, y el valor medio de las tres resistencias obtenidas se toma como resultado del ensayo a compresión simple.

4.2 Expresión de los resultados. Los resultados del ensayo deberán incluir los siguientes datos de las probetas:

- Altura y diámetro nominales, en mm:
- Densidades relativas
- Resistencia a compresión simple, en kPa y kgf/cm².

4.3 PRECISIÓN

4.3.1 Repetibilidad. La desviación típica de un resultado de ensayo para un solo operador es 145 kPa (1,5 kgf/cm²). Por tanto, los valores de dos resultados de ensayo no diferirán en más de 410 kPa (4,1 kgf/cm²); y la diferencia entre el valor más alto y el más bajo de las medidas individuales, utilizadas en el cálculo de la media, no será mayor de 841 kPa (8,4 kgf/cm²).

4.3.2 Reproducibilidad. La desviación típica de un resultado de ensayo para diferentes laboratorios es 372 kPa (3,7kgf/cm²). Por tanto, los valores de dos resultados de ensayo sobre el mismo material no diferirán en más de 1.052 kPa (10,5 kgf/cm²).

5 CORRESPONDENCIA CON OTRAS NORMAS

ASTM D 1074-96 "Standard Test Method for Compressive Strength of Bituminous Mixtures".

6 NORMA PARA CONSULTA

NLT-168 "Densidad y huecos de las mezclas bituminosas compactadas".