

# UNE-EN 12697-45:2013: Rigidez a tracción tras acondicionamiento en saturación (SATS)

En esta sección se describen métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente.

Javier Loma, javierloma@padecasa.com

Padecasa

## 1. Objeto y principio del ensayo

Evaluación de la durabilidad de la adhesión en mezclas asfálticas utilizadas en capas de base e intermedia, realizando un envejecimiento por saturación en presencia del agua (SATS), comparando su comportamiento antes y después del acondicionamiento.

Este ensayo se utiliza con mezclas tipo hormigón bituminoso (AC), fabricadas con contenidos de ligante entre 3,5% y 5,5% y un contenido de huecos entre el 6 % y el 10 %, fabricadas con un ligante de baja penetración (10/20).

Se calcula el promedio de pérdida de rigidez por tracción indirecta (EN 12697-26 IT-CY) en probetas sometidas a un proceso de acondicionamiento con saturación de humedad, temperatura y presión, determinando la sensibilidad del material al envejecimiento y la humedad.

## 2. Método operativo

Se utilizan probetas cilíndricas de 100±5 mm de diámetro y 60±5mm de espesor, con un contenido de huecos del 8±2%. Pueden ser testigos extraídos de placas fabricadas con el equipo de rodillo (EN 12697 -33) o probetas fabricadas con el compactador giratorio (EN 12697-31) o con el compactador de impacto (EN 12697-30).

El ensayo se realiza sobre una serie de 5 probetas sobre las cuales se determina su masa, densidad y contenido de huecos y a continuación se efectúa el ensayo de rigidez según la EN 12697-26 IT-CY. Posteriormente se someten las probetas a la saturación en agua aplicando un vacío con una presión residual entre 40kPa y 70kPa durante 30±2 minutos, determinando su masa y la relación de saturación, a partir de la siguiente expresión:

$$S = 100 \times \frac{M_w - M_d}{M_d \times \left( \frac{1}{G_{mb}} - \frac{1}{G_{mm}} \right)}$$

S = relación de saturación antes del acondicionamiento (%)

M<sub>d</sub> = masa de la probeta seca (g)

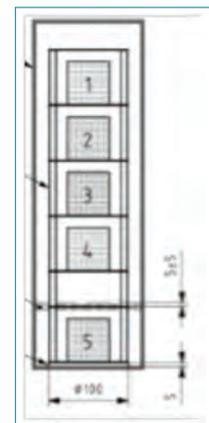
M<sub>w</sub> = masa de la probeta húmeda (g)

G<sub>mb</sub> = densidad aparente seca (Mg/m<sup>3</sup>).

G<sub>mm</sub> = densidad máxima (Mg/m<sup>3</sup>).

Se inicia el proceso de acondicionamiento de las probetas colocando las mismas en el portamuestras e introduciendo el conjunto en el equipo de presión. Las condiciones del ensayo son las siguientes:

- Tiempo de acondicionamiento: 65±1 horas.
- Temperatura: 85±1 °C
- Presión: 2,1±0,1 MPa
- Tiempo de enfriamiento: 24 horas a la presión de ensayo y una temperatura de 30 °C.



Se vuelve a medir la masa calculando la relación de saturación de cada probeta y se determina la rigidez de todas las probetas, calculando la relación de rigidez antes y después del acondicionamiento (CTR) y el promedio de las 4 probetas (relación SATS).

$$S_a = 100 \times \frac{M_{w2} - M_d}{M_d \times \left( \frac{1}{G_{mb}} - \frac{1}{G_{mm}} \right)}$$

S<sub>a</sub> = relación de saturación después del acondicionamiento (%)

M<sub>d</sub> = masa de la probeta seca (g)

M<sub>w2</sub> = masa de la probeta húmeda después del acondicionamiento (g)

# UNE-EN 12697-45:2013: Rigidez a tracción tras acondicionamiento en saturación (SATS)

$G_{mb}$  = densidad aparente seca ( $Mg/m^3$ ).

$G_{mm}$  = densidad máxima ( $Mg/m^3$ ).

Cálculo de la relación de rigidez para cada probeta:

$$CTR_x = 100 \times \frac{CTR_C}{CTR_U}$$

CTRR, relación de rigidez

CTRC, rigidez con acondicionamiento

CTRU, rigidez sin acondicionamiento

### 3. Equipamiento

Se requiere el siguiente equipamiento:

- Equipos para la preparación de las muestras de mezcla bituminosa y de las probetas de ensayo, como son un mezclador, equipo sacatestigos, sierras, etc.
- Equipo de vacío para saturación en agua según la Norma EN 12697-5.
- Equipo de acondicionamiento para las probetas: recipiente de presión y temperatura, dispositivos de control de la presión, termómetro, dispositivo de registro de la temperatura y la bandeja portamuestras para 5 probetas.
- Equipo de ensayo de rigidez (IT-CY) descrito en la Norma EN 12697-26, anexo C. En el caso de realizar otro tipo de ensayo comparativo será necesario utilizar el equipo correspondiente.

### 4. Puntos críticos

El equipo empleado para realizar el acondicionamiento de las probetas y el ensayo de rigidez tiene un coste elevado.

Actualmente no existe en España especificaciones ni suficiente experiencia sobre la posible relación existente entre este método de ensayo y procedimientos similares de medida de la adhesividad aridos-ligante.

En la norma no se han definido valores de precisión del ensayo. La norma de ensayo actual limita su aplicación a las mezclas bituminosas con contenidos de ligante y huecos prefijados y fabricadas con un betún de baja penetración, aunque en la actualidad se están estudiando desarrollando metodologías aplicables a otros tipos de mezclas.

### 5. Comentarios

Es un ensayo con todavía escasa experiencia pero que ofrece interesantes posibilidades de conocimiento sobre las propiedades de las mezclas bituminosas ya que realiza un proceso de envejecimiento acelerado con la presencia de agua, elevada temperatura y sometidas a presión, pudiendo realizar los ensayos con las mismas probetas antes y después de este proceso de envejecimiento.

La Norma indica que se puede realizar el ensayo con otro procedimiento alternativo, como puede ser tracción indirecta o el ensayo de compresión simple, pero en caso de emplear métodos de ensayos destructivos no podrían ser valorados sobre las mismas probetas.

### 6. Bibliografía

- UNE EN 12697-5. Densidad máxima.
- UNE EN 12697-6. Densidad aparente
- UNE EN 12697-8. Determinación de huecos
- UNE-EN 12697-26. Rigidez.
- UNE-EN 12697-30. Compactador de impacto.
- UNE-EN 12697-31. Compactador giratorio.
- UNE EN 12697-33. Compactador de rodillo.

*Ensayo de medida de la adhesividad arido -ligante tras el envejecimiento de probetas de de mezclas bituminosas. Todavía no se dispone de suficiente experiencia con este método de ensayo, que permite someter a probetas de mezcla bituminosa a un envejecimiento acelerado con alta temperatura, presión y saturación de agua y estudiar sus propiedades.*

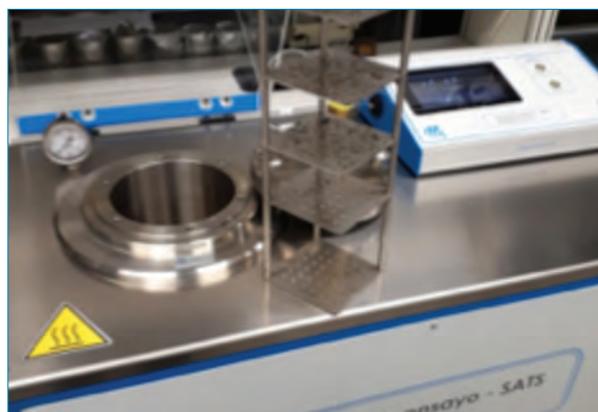


Foto del equipo de acondicionamiento de las probetas

# Legislación, normativa y otras disposiciones

En este número se realiza la presentación de una página web recientemente publicada, que recoge tanto legislación, normativa técnica y otros documentos de interés y que se puede acceder en el enlace [www.normativacarreteras.com](http://www.normativacarreteras.com)



Esta iniciativa de la ATC surge como relevo a la página web de "carreteros" ampliamente conocido y utilizada por el sector. Toda la base de datos se ha transferido a la nueva página web de Normativa de Carreteras. Esta web inicialmente incluye toda la normativa Española, pero con el objetivo de en un futuro incorporar la normativa latinoamericana.

El objetivo de esta página web es disponer de toda la documentación técnica y normativa lo más actualizada posible para lo cual, se pretende que sea una página viva, en permanente actualización y para la que está abierta la participación de cualquiera que aporte información que pueda ser susceptible de incorporar a este listado.

El manejo de la página web es sencillo, se dispone de buscadores que permiten encontrar información bien a través de palabras clave, por temática e incluso por lugar de aplicación del documento. Además será posible descargar de manera gratuita en pdf algunos documentos, y aquellos que sean de pago, como las normas UNE EN, se podrá buscar la referencia.

## OTRAS NOTICIAS

### ORDEN CIRCULAR 40/2017 SOBRE RECICLADO DE FIRMES Y PAVIMENTOS BITUMINOSOS

En octubre de 2017 se ha publicado una actualización de la Orden Circular 8/2001 sobre "Reciclado de firmes", teniendo en cuenta la experiencia adquirida en las obras, la evolución tecnológica de los equipos, los sistemas constructivos y sobre todo las consideraciones ambientales, de seguridad viaria y económicas, lo que hace viable la utilización de técnicas de reciclado de firmes y pavimentos en proyectos de rehabilitación estructural de carreteras.

A continuación se describen aquellos aspectos que han sido modificados para los artículos 20 de "Reciclado "in situ" con emulsión de capas bituminosas" y el artículo 22 de "Reciclado en caliente y semicaliente en central de capas bituminosas".

#### Artículo 20 "Reciclado "in situ" con emulsión de capas bituminosas"

- Se incluye una aclaración en la definición indicando que aunque no es objeto de aplicación de este artículo, cuando el fresado se lleva a una instalación para su tratamiento, clasificación y mezclado con emulsión, el material resultante podrá considerarse a efecto de capacidad estructural, semejante a una grava emulsión de las indicadas en la Norma 6.3 IC de Rehabilitación de firmes. Así mismo, aunque tampoco es de aplicación de este artículo, todas las técnicas recogidas en la OC 40/2017, podrían ser válidas para el reciclado in situ de capas bituminosas con un betún asfáltico espumado en sustitución de la emulsión.
- Se especifica como emulsión a emplear para el reciclado in situ el tipo C60B5 REC, salvo justificación en contrario
- Se realiza una diferenciación en la cantidad de ligante residual para categoría de tráfico pesado T1 donde para capa base no será inferior al 2% mientras que para el resto de casos será superior al 1,5 %
- Se sustituye la evaluación de las características del reciclado en frío de inmersión-compresión (NLT/162) por tracción indirecta (UNE EN 12697-12), incluyendo especificaciones. Además la compactación de las probetas se realizará empleando el compactador giratorio. Además se especifican un número de giros de 160 para la mezcla tipo RE1 empleando el molde de 150 mm, y de 100 giros para la mezcla tipo RE2 con molde de 100 mm
- Se incluye una matización en la compactación para espesores > 10 cm
- Para evaluar la adhesividad de la emulsión con RAP se sustituye la norma NLT/196 correspondiente a la norma de envuelta, por el estudio de la tracción indirecta con inmersión según la norma UNE EN 12697-12
- Se actualiza la norma NLT/168 por la normativa UNE EN 12697-6 para la determinación de la densidad de las muestras representativas para el estudio del material a reciclar

### ORDEN CIRCULAR 40/2017 SOBRE RECICLADO DE FIRMES Y PAVIMENTOS BITUMINOSOS

- Igualmente se actualizan las normas para los siguientes métodos de ensayo:
  - Contenido de ligante residual de la NLT/164 por UNE EN 12697-1 ó UNE EN 12697-39
  - Penetración de la NLT/124 por UNE EN 1426 y punto de reblandecimiento NLT/125 por UNE EN 1427 y ligante recuperado NLT/353 por UNE EN 12697-1 ó UNE EN 12697-3
- Se modifica el grado de humedad exigido para la mezcla reciclada para la extensión de una nueva capa pasando de <1% a una humedad exigida <1,5%. Igualmente los testigos serán extraídos empleando la norma UNE EN 12697-27 en lugar de la NLT/314
- Se fija como extensión del tramo de prueba la misma longitud de 100 m para todos los tipos de categoría de tráfico
- Las especificaciones de la unidad terminada para la densidad de la capa después del proceso de compactación, expresada como porcentaje de la densidad de referencia alcanzada en el tramo de prueba definitivo con la fórmula de trabajo, se fija en <98% en lugar de considerar el 100% de la densidad del proctor modificado. Además para la diferencia de densidades entre las zonas más superficiales y la más profunda se mantiene los 3 puntos porcentuales, eliminando el criterio de no superar el punto porcentual cada 5 cm de profundidad
- Se modifican los criterios para el Índice de Regularidad Internacional reduciendo en 0,5 dm/hm para los valores entre 50 y 80 hm y de un punto para 100 hm
- La humedad se determina por un método empleado para suelos correspondiente a la norma UNE EN ISO 17892-1 en lugar de la norma UNE 103300
- Se incluye un apartado sobre curado y protección superficial mientras la capa se encuentra sometida a la acción del tráfico para acelerar la eliminación de la humedad de la mezcla compactada. En este caso la protección de cobertura se realizará teniendo en cuenta lo indicado en el artículo 532 del PG3
- Para los criterios de aceptación o rechazo de la unidad terminada se referencian frente a una densidad >95% en lugar del 97% que se especificaba en la anterior Orden Circular
- El abono del reciclado "in situ" de capas bituminosas se realizará por m<sup>3</sup> de material reciclado en lugar de m<sup>2</sup>. Igualmente la aplicación del ligante bituminoso para la protección superficial de la mezcla bituminosa reciclada se abonará por t realmente empleadas en obra medidas antes de su empleo en lugar de m<sup>2</sup>
- Se elimina el punto de especificaciones técnicas y distintivos de calidad

#### Artículo 20 "Reciclado "in situ" con emulsión de capas bituminosas"

- Se incluye una clasificación de las mezclas recicladas en central en caliente y semicaliente. Además en el caso de estas últimas la temperatura máxima a la salida del mezclador no será superior a los 140 °C
- Se describe una clasificación de las mezclas bituminosas recicladas en central en función del contenido de RAP en tres tipos, Tipo 1 como tasa baja entre 15 y 30, tipo 2 con tasa entre 30 y 60 y tipo 3 con tasas entre 60 y 80%
- Se permite el empleo mezclas bituminosas recicladas del tipo 1 para mezclas de alto módulo
- Se han modificado las tolerancias admisibles respecto de la fórmula de trabajo siendo más restrictivas respecto de la anterior Orden Circular tanto para granulometría como para contenido de ligante
- Sobre las sustancias sólidas contaminantes que pudieran estar presentes en el RAP, se definen unos límites que para el tipo 1 deberá ser inferior al 1% en masa y del 1 por mil para el tipo 2, en ambos casos aplicando la norma UNE EN 12697-42
- La dotación del ligante (el de aportación más el procedente del RAP) expresado como la proporción en masa sobre el total de la mezcla, se ha modificado indicando que no será inferior al 4% en capas intermedias y de base, (en lugar del 3,5% que indicaba la anterior Orden Circular solo para capas base) incluyendo un requisito del 5% en capas de rodadura. Además la dotación de ligante de aportación pasa a ser como mínimo del 50% en lugar del 60% especificado anteriormente
- Se elimina el criterio de razón entre la estabilidad Marshall y la deformación Marshall de 8 kN/mm
- Se especifica la necesidad de disponer de al menos 2 fracciones siendo la más fina de un tamaño nominal inferior a 8 mm
- Para la fabricación de la mezcla se han definido limitaciones en el calentamiento del RAP que no deberá ser superior a la temperatura del nuevo ligante incorporado. Igualmente el calentamiento de los áridos de aportación no superará los 220 °C y además se incluye una fórmula para determinar la temperatura de calentamiento de los áridos teniendo en cuenta la temperatura final de la mezcla reciclada, los porcentajes de RAP, su humedad y la temperatura
- Se describe el proceso de fabricación de la mezcla en una central con mezclador discontinuo distinguiendo entre reciclado tipo 1 y 2 indicando la metodología para la incorporación del RAP
- Para el control de calidad de material reciclado se modifica las toneladas designadas para tomar muestras, así para el tipo 1 se tomarán muestras cada 1000 t mientras que para el tipo 2 y 3 se tomarán muestras cada 500 t
- Para la caracterización de los materiales se han actualizado toda la normativa NLT por normas UNE EN. Además se incorpora la necesidad de realizar ensayos extraordinarios como la determinación de la viscosidad dinámica usando un viscosímetro de rotación de agua, según la norma UNE EN 13302 y la determinación del módulo complejo de corte y del ángulo de fase mediante reómetro de corte dinámico según la norma UNE EN 14770
- Se especifica el proceso seguido para la medición y abono de la mezcla reciclada teniendo en cuenta todos los materiales. Además se indica que el proyecto incluirá un precio auxiliar del RAP que tenga en cuenta las operaciones de tratamiento, clasificación, acopio e incorporación a la central de fabricación.