

# *Protocolo de ensayo*



*Compactación de probetas con el  
equipo giratorio*

*UNE EN 12697-31: 2008*

*PTAleas-31.V0. Abril 2016*



## ÍNDICE

1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN .....	3
2. NORMAS DE CONSULTA .....	3
3. PRINCIPIO DEL MÉTODO .....	4
4. EQUIPOS .....	4
5. PROCEDIMIENTO .....	7
6. INFORME DE ENSAYO .....	9
7. CONSIDERACIONES A LA NORMA .....	10
8. FORMATO DE IMPRESO .....	11

## 1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

En este procedimiento se describe la metodología para la compactación de probetas cilíndricas con el equipo giratorio, combinando una acción de deslizamiento giratorio con una fuerza vertical.

Se utiliza para:

- Compactación de probetas con un número de giros (energía) predeterminado.
- Compactación de probetas para una densidad o huecos prefijado.
- Determinación de la curva de densidad-energía.

Este procedimiento ha sido validado para mezclas bituminosas en caliente<sup>1</sup> fabricadas con betunes asfálticos o betunes modificados con polímeros con tamaño máximo de 31,5 milímetros.

Este método se utiliza para la determinación del número de huecos con energía prefijada, obtención de la curva de densidad o para fabricar probetas utilizables en posteriores ensayos mecánicos.

**NOTA 1:** *Los protocolos de ensayo Aleas son documentos que deben ser utilizados en conjunción con las normas de ensayo a las que se refieren. El objeto de los protocolos es concretar los elementos susceptibles de interpretación y limitar o reducir los posibles errores que se pueden cometer en la realización de los ensayos, unificando la metodología de trabajo. Los protocolos Aleas implican, generalmente, un cumplimiento estricto de las normas, y en aquellos casos puntuales en los que exista algún elemento cuestionable en las normas se explica la razón de dicha decisión.*

## 2. NORMAS DE CONSULTA

Para la comprensión de este método de ensayo hay que tener en cuenta el empleo de las siguientes normas:

- UNE EN 12697-5. Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezcla bituminosa en caliente. Parte 5: Determinación de la densidad máxima de mezclas bituminosas.
- UNE EN 12697-6. Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 6: Determinación de la densidad aparente de probetas bituminosas.
- UNE EN 12697-8. Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezcla bituminosa en caliente. Parte 8: Determinación del contenido de huecos en las probetas bituminosas.
- UNE EN 12697-27. Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezcla bituminosa en caliente. Parte 27: Toma de muestras.

---

<sup>1</sup> *De forma general, este protocolo es aplicable para mezclas bituminosas en caliente y mezclas semicalientes (excepto las obtenidas por espumación directa), teniendo en cuenta para cada caso particular las correcciones de temperatura y energía para el acondicionamiento de las mezclas y la compactación de las probetas*

- UNE EN 12697-29. Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezclas bituminosas en caliente. Parte 29: Determinación de las dimensiones de las probetas bituminosas.
- UNE EN 12697-31. Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezcla bituminosa en caliente. Parte 31: Preparación de probetas de mezcla bituminosa con compactador giratorio.
- UNE EN 12697-35. Mezclas bituminosas. Métodos de ensayo para mezcla bituminosa en caliente. Parte 35: Mezclado en laboratorio.

### 3. PRINCIPIO DEL MÉTODO

Este método de ensayo describe la metodología para la compactación por acción simultánea de una compresión estática y la acción de un esfuerzo cortante resultante del movimiento del eje de la probeta.

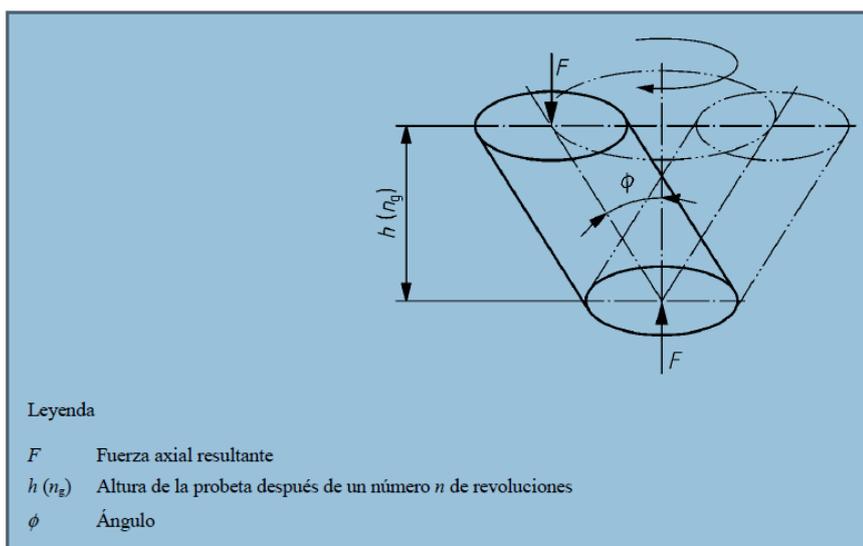


Figura 1 norma UNE EN 12697-31 (2008)

### 4. EQUIPOS

A continuación se describen los equipos a utilizar en los diferentes procesos.

- Compactador giratorio. Con las características indicadas en la norma UNE EN 12697-31:2008, y con un ángulo interno efectivo de  $0,82 \pm 0,02^\circ$
- Moldes metálicos, con diámetro interior de  $100,0 \pm 0,1$  mm o  $150,0 \pm 0,1$  mm.
- Placas de suplemento redondas con las características descritas en la norma UNE EN 12697-31.
- Dispositivo para medir la distancia entre placas.

- Dispositivo para contar el número de rotaciones.

Todos los equipos deben estar en perfecto estado de funcionamiento y verificados/calibrados según corresponda.

#### 4.1- COMPROBACIÓN DE EQUIPOS

Las siguientes comprobaciones sobre los equipos pretenden establecer un punto de partida para evaluar su correcto funcionamiento, no obstante hay requisitos como el de fuerza o ángulo aplicado, en el caso del compactador giratorio, que se escapan al alcance de este documento y que para ser evaluados requieren de instrumentación delicada y/o en el caso del ángulo seguir las indicaciones descritas en la norma EN 12697-31 (Anexos A, B y C).

Se debe prestar especial atención a la fuerza aplicada sobre la probeta durante todo el proceso de compactación. Para evitar cambios de presión durante el ensayo asegurarse antes de comenzar que la presión del calderín del compresor sea la máxima posible.

Se debe vigilar que la presión del aire mostrada en el manómetro del equipo no cambie su valor durante la realización del ensayo y verificar el valor de presión que muestre el manómetro del equipo, así como comprobar que el movimiento de bajada del pistón en vacío sea uniforme y sin tirones.

Se comprobará periódicamente la validez de la medición de la altura proporcionada por el equipo realizando una serie de tres probetas a distintas alturas (p.ej. 50, 60 y 70 mm) y contrastando la medida dada por el equipo y la real, medida con un calibre, tras su desmoldado.

Por último se comprobará la velocidad de giro de la máquina en carga. Es importante que esta medición se realice en carga ya que la velocidad puede bajar y salirse del rango descrito en norma. Para ello y con la ayuda de un cronómetro se verificará por pantalla que la velocidad de giro de la máquina se encuentra dentro del rango de velocidad permitido, durante la realización de una compactación.

Durante la realización de las probetas rellenar los datos del siguiente cuadro.

**CUADRO RESUMEN DE RESULTADOS DEL COMPACTADOR GIRATORIO**

Fabricante y modelo			
Característica	Resultado	Tolerancia	Observaciones
(1.1) Presión estable durante compactación	(SI / NO)	*	
(1.2) Valor de presión (bar) durante compactación (aproximar al menos a ¼ bar)	(bar)	*	
(2) Movimiento uniforme del pistón (sin tirones)	(SI / NO)	-	
(3.1) Medición de altura. Probeta 50 mm		50 ± 0,2 (mm)	
(3.2) Medición de altura. Probeta 60 mm		60 ± 0,2 (mm)	
(3.3) Medición de altura. Probeta 70 mm		70 ± 0,2 (mm)	
(4) Velocidad de giro (N.º giros / min)	(Giros/min)	30 ± 0,5 (Giros/min)	

\* El valor medio de la fuerza F a aplicar sobre la probeta para el ensayo del requisito del contenido de huecos debe estar comprendido entre 10000 N y 12000 N para probetas de 150 mm de diámetro y entre 4500 N y 4900 N para probetas de 100 mm de diámetro. Es deseable el ajuste de los equipos para que apliquen la carga lo mas centrado posible en estos rangos (11000 N y 4700 N). Una vez establecida la carga media, esta no debe desviarse más de ±250 N de dicho valor, a excepción de un periodo de tiempo transitorio inferior a 30 s al comienzo del ensayo.

En aquellos equipos que no den directamente la medida de fuerza y se ajusten por presión, deberá establecerse la relación entre presión del equipo y la fuerza aplicada en la probeta, aplicandose a dicha fuerza los valores de tolerancias descritos en el parrafo anterior.

#### 4.2- CALIBRACIÓN DE LOS EQUIPOS

Se deben calibrar conforme a los anejos de la Norma de ensayo UNE EN 12697-31. Los diferentes elementos a calibrar son:

- Medidor de la altura.
- Fuerza durante el ensayo.
- Angulo y giros.

**NOTA 2:** *Los laboratorios participantes en los trabajos del Grupo de Giratoria en ALEAS, han seguido y recomiendan el procedimiento de calibración descrito en el anejo B de la Norma de ensayo.*

## 5. PROCEDIMIENTO

### 5.1 DATOS PREVIOS.

Previamente a la ejecución de los ensayos se registrará la siguiente información:

- Tipo de mezcla.
- Naturaleza de los áridos.
- Tipo de betún.
- Ensayos de composición. Contenido en ligante y granulometría de los áridos.
- Otros componentes (pe: fibras, activantes, etc..).
- Densidad máxima.
- Temperatura recomendada de compactación en función del tipo de ligante y la curva de viscosidad.
  - Para el ligante 35/50 la temperatura de compactación es  $155 \pm 5^{\circ}\text{C}$ .
  - Para el ligante 50/70 la temperatura de compactación es  $150 \pm 5^{\circ}\text{C}$ .
  - Para los ligantes con distinta penetración, ligantes modificados o adición de aditivos al ligante de base el suministrador de los ligantes o de los aditivos indicará la temperatura adecuada en función de la viscosidad.
- Masa de cada probeta en función del molde a emplear (100 mm. o 150 mm.). La masa se determina para una relación altura/diámetro de  $0,68 \pm 0,02$ , según la siguiente fórmula de la norma:

#### 6.1.2 Preparación de las probetas para el ensayo del requisito del contenido de huecos

La masa  $M$  de mezcla a introducir en el molde se debe determinar mediante la ecuación (1), a partir de la densidad máxima  $\rho_M$  de la mezcla, determinada de acuerdo con la Norma EN 12697-5, utilizando agua, y la altura mínima  $h_{\min}$  de la probeta compactada correspondiente al porcentaje cero de huecos de aire.

$$M = 10^{-9} \pi \frac{D^2}{4} h_{\min} \rho_M \quad (1)$$

donde

$M$  es la masa de mezcla a introducir en el molde, en kilogramos (kg);

$D$  es el diámetro interior del molde, en milímetros (mm);

$h_{\min}$  es la altura mínima de la probeta compactada, correspondiente al porcentaje cero de huecos, en milímetros (mm);

$\rho_M$  es la densidad máxima de la mezcla, en kilogramos por metro cúbico ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ).

Para un tipo dado de compactador giratorio, calibrado conforme al anexo A,  $h_{\min}$  será constante. La relación de  $h_{\min}$  con respecto al diámetro interior  $D$  del molde debe estar en el intervalo comprendido entre 0,66 y 1,05.

## 5.2. ACONDICIONAMIENTO DE LA MUESTRA.

La toma de la muestra y su posterior división en fracciones se realizarán de acuerdo a la norma NLT 348. Dependiendo de la procedencia de la muestra el tratamiento será el siguiente:

- Muestra remitida fría (incluida muestra compactada): La muestra se introduce en estufa a una temperatura máxima de 130 °C un tiempo límite de 2 horas (120 minutos) para facilitar las operaciones de cuarteo. Posteriormente se divide en las porciones necesaria para realizar los ensayos establecidos con la masa obtenida anteriormente y seguidamente se introducen en la estufa a la temperatura de compactación +5 °C un tiempo máximo de 1 hora y media (90 minutos).
- Muestra tomada de planta: Se divide en las porciones necesarias para realizar los ensayos establecidos, utilizando cuarteadores u otro procedimiento alternativo, y se introducen en la estufa a la temperatura de compactación +5 °C durante 75 minutos (indicar en el informe el procedimiento).

**Nota 3:** *Para mezclas bituminosas con ligantes de distinta penetración al B 35/30 ó B 50/70, ligantes modificados o adición de aditivos al ligante de base, estas temperaturas pueden verse modificadas. En todos los casos debe indicarse en el informe de resultados.*

Los moldes de compactación y accesorios deben estar en la estufa a la misma temperatura que la mezcla un tiempo mínimo de 2 horas, asegurando así que durante la compactación de las probetas los moldes tienen una temperatura cercana a la de compactación de la mezcla.

Una vez finalizado el tiempo de acondicionamiento de la mezcla se vierte la muestra en el molde y seguidamente se procede a la compactación. Durante el vertido de la muestra en los moldes se debe extremar la precaución de homogeneizar adecuadamente la muestra, evitando que se produzcan segregaciones y/o escurrimientos de ligante.

## 5.3. COMPACTACIÓN DE LAS PROBETAS.

Carga previa. Inicialmente se aplica una carga comprendida entre 1000 N y 2000 N en un tiempo inferior a 30 segundos.

Para las mezclas bituminosas con tamaño máximo nominal  $\leq 16$  milímetros se utilizan los moldes de 100 milímetros de diámetro (pe: AC16, BBTM11 o PA16). Para las mezclas con tamaño nominal máximo superior a 16 milímetros se utilizan los moldes de 150 milímetros de diámetro (pe: AC22 o AC32).

Durante el ensayo se aplica la siguiente fuerza:

Diámetro de molde	Fuerza
150 mm	11.000 ± 500 N
100 mm	4.700 ± 200 N

Como resultado de los trabajos que han sido realizados en varios laboratorios de Aleas para cada tipo de mezcla bituminosa se establecen las siguientes energías de compactación equivalentes a la compactación con el compactador de impacto:

Mezcla	Giros equivalentes a 75 golpes	Giros equivalentes a 50 golpes	Mezcla	Giros equivalentes a 50 golpes
AC16	100	80	BBTM-A Y SMA	160
AC22*	160	100	BBTM-B	100
AC32*	160	80	PA	180

*\*Probetas fabricadas en moldes de 150 milímetros de diámetro.*

Una vez finalizada la compactación se desmoldan las probetas y se mantienen en una superficie lisa a temperatura ambiente hasta su enfriamiento para la posterior determinación de la densidad.

## 6. INFORME DE ENSAYO

El informe de ensayo debe incluir la siguiente información:

1. Número de identificación y tipo de mezcla, así como la fecha de la toma de la muestra y ejecución del ensayo.
2. Tipo y modelo del compactador giratorio.
3. Diámetro del molde empleado.
4. Temperatura de compactación.
5. Fuerza de compactación.
6. Ángulo de inclinación.
7. Tipo de compactación (energía o contenido de huecos prefijado) y condiciones específicas.
8. Referencia a este procedimiento.
9. El número de probetas de ensayo.

10. Altura y masa de las probetas (en frío tras extraer el molde y transcurridos un mínimo de 12 horas).
11. Densidad/huecos calculada por el equipo en cada giro en el que se toman datos de referencia
12. El tipo de probetas indicando su procedencia si son preparadas en el laboratorio, de mezcla fabricada en la planta o si procede de mezcla compactada.

**Nota 4:** *es posible obtener una curva de densidad sss a partir de los datos de densidad geométrica mediante la aplicación de un coeficiente de conversión de la densidad geométrica y sss de la probeta final.*

## **7. CONSIDERACIONES A LA NORMA**

Es necesario verificar el correcto funcionamiento del equipo para fabricar probetas con suficiente fiabilidad.

## 8. FORMATO DE IMPRESO

UNE EN 12697-31. COMPACTACION GIRATORIA					
Método de ensayo	PT 31 (V0)		Nº informe		
DATOS DE LA MUESTRA					
Identificación muestra			Procedencia de la muestra		
Fecha toma de muestra			Fecha fabricación probetas		
DATOS DE LAS PROBETAS					
Tipo y modelo compactador			Temperatura de compactación °C		
Densidad máxima, kg/m <sup>3</sup>			Ligante en mezcla, %		
Numero de probetas			Diámetro molde, mm		
DATOS DEL ENSAYO					
Fuerza empleada			Angulo de inclinación		
Tipo de compactación	Energía-huecos				
CURVAS DE COMPACTACIÓN (densidad geométrica)					
Giros/Densidad g. (*)	N1	N2	N3	N4	Promedio
5					0
10					0
15					0
20					0
25					0
30					0
40					0
50					0
60					0
80					0
90					0
100					0
110					0
120					0
130					0
140					0
150					0
160					0
					0
					0
					0
					0
RESULTADOS DE COMPROBACIÓN					
Peso aire, g					
Altura, mm					
Densidad geométrica	0	0	0	0	0
Rel. altura-diámetro	0	0	0	0	0
OBSERVACIONES					
Responsable Técnico			Fecha informe		

(\*) Si es necesario se pueden fabricar probetas con 120, 150, 200, 300, 400 y 500 giros (7.2.2. de la Norma de ensayo).

