

Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos: métodos para la determinación de la resistencia a la fragmentación. Determinación de la resistencia a la fragmentación por el método de Ensayo de los Ángeles.

FUNDAMENTO

La muestra del árido se voltea en el interior de un tambor giratorio, junto con las bolas de acero. Tras el volteo, se determina el material retenido por el tamiz de 1,6 mm.

MATERIAL Y EQUIPOS

Entre otros materiales es necesario disponer de:

- Tamices de ensayo con los tamaños de abertura (en mm) de: 1,6; 10; 11,2; (ó 12,5); y 14
- Balanza, capaz de pesar la muestra de ensayo con una precisión de 0,1% de la masa de la muestra.
- Estufa convenientemente ventilada capaz de mantener una temperatura constante de (110 ± 5) °C.
- Máquina para el ensayo de Los Ángeles.

- Carga abrasiva, consistente en 11 bolas de acero esféricas, con un diámetro entre 45 y 49 mm cada una de ellas y una masa comprendida entre 400 g y 445 g. La masa total deberá estar comprendida entre 4.690 g y 4.860 g.

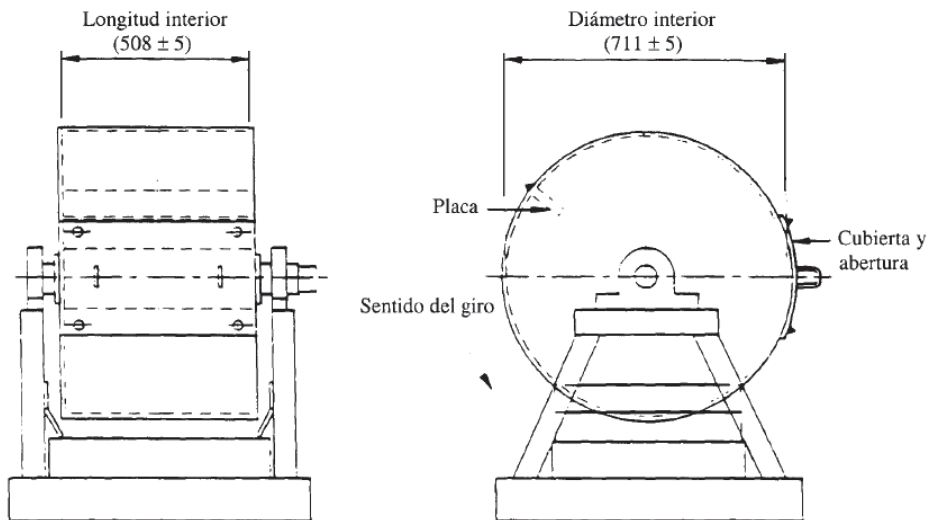


Figura. Máquina para la realización del ensayo de Los Ángeles (medidas en mm) [1]

PROCEDIMIENTO

Preparación de la muestra para el ensayo

La masa de la muestra enviada al laboratorio deberá ser al menos de 15 kg, con una granulometría comprendida entre 10 mm y 14 mm. El ensayo se deberá realizar con el árido que pase por el tamiz de 14 mm y que quede retenido en el tamiz de 10 mm.

Además, la curva granulométrica de la muestra de ensayo deberá cumplir los requisitos siguientes:

- a) entre el 60% y el 70% del árido deberá pasar por el tamiz de 12,5 mm; o,
- b) entre el 30% y el 40% del árido deberá pasar por el tamiz de 11,2 mm.

Estos requisitos de granulometría adicionales permiten que la muestra de ensayo se obtenga a partir de fracciones granulométricas distintas de 10/14 (véase el anexo A de la UNE-EN 1097-2/A1). Los intervalos restringidos alternativos de clasificación para el ensayo de Los Ángeles aporta una metodología para ensayar otras fracciones granulométricas diferentes a la fracción normalizada 10mm/14mm para el método de referencia. Se presentan en la siguiente tabla distintos números y cargas de bolas para cada intervalo de clasificación. No debería esperarse obtener con las fracciones granulométricas alternativas resultados idénticos a los obtenidos con las fracciones 10mm/14mm del método de referencia.

Fracciones granulométricas mm	Tamaño de tamiz intermedio mm	Porcentaje que atraviesa el tamiz intermedio %	Número de bolas	Masa de la carga de bolas g
4 a 6,3	5	30 a 40	7	2 930 a 3 100
4 a 8	6,3	60 a 70	8	3 410 a 3 540
6,3 a 10	8	30 a 40	9	3 840 a 3 980
8 a 11,2	10	60 a 70	10	4 250 a 4 420
11,2 a 16	14	60 a 70	12	5 120 a 5 300

Tabla. Clasificación granulométrica restringida alternativa.
Anexo A de la UNE-EN 1097-2:1999/A1:2007 [2]

Tamizar la muestra de laboratorio empleando los tamices de 10 mm, 11,2 mm (ó 12,5 mm) y 14 mm para obtener fracciones granulométricas separadas en los intervalos de 10 mm a 11,2 mm (ó 12,5 mm) y de 11,2 mm (ó 12,5 mm) a 14 mm. Lavar cada fracción por separado, tal como establece el capítulo 6 de la Norma EN 933-1:1997, secándolas en la estufa a (110 ± 5) °C hasta obtener masa constante.

Dejar enfriar las fracciones granulométricas a la temperatura ambiente. Mezclar las dos fracciones para obtener una muestra modificada de laboratorio con una granulometría entre 10 mm y 14 mm que cumpla con los requisitos granulométricos citados anteriormente. Reducir la muestra modificada de laboratorio obtenida tras la mezcla, hasta conseguir una muestra de ensayo según se establece en EN 932-2.

La muestra de ensayo deberá tener una masa de $(5\ 000 \pm 5)$ g.

Procedimiento operatorio

Comprobar que el tambor esté limpio antes de introducir la muestra. Colocar cuidadosamente las bolas en la máquina, y a continuación, introducir la muestra de ensayo. Poner la cubierta en su posición y hacer girar la máquina durante 500 vueltas, a una velocidad constante entre 31 r.p.m. y 33 r.p.m.

Verter el árido sobre una bandeja dispuesta debajo del equipo, tomando la precaución de que la abertura esté justo encima de la bandeja para evitar la pérdida de material. Limpiar el tambor, extrayendo todos los finos, y prestando especial atención a las zonas próximas a la placa saliente. Retirar con cuidado la carga de bolas de la bandeja, evitando perder partículas de árido.

Analizar el material de la bandeja según establece la Norma EN 933-1:1997, lavando y tamizando con un tamiz de 1,6 mm. Secar la parte retenida en el tamiz de 1,6 mm a una temperatura de $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$, hasta obtener una masa constante.

RESULTADO

El coeficiente de Los Ángeles, LA, es el porcentaje en masa de la muestra de ensayo que haya pasado a través del tamiz de 1,6 mm a la terminación del ensayo y se calcula a partir de la siguiente expresión:

$$LA = \frac{5\,000 - m}{50}$$

donde “m” es la masa retenida por el tamiz de 1,6 mm, expresada en gramos. Anotar el resultado redondeando al número entero más próximo.

Con respecto al resultado obtenido del coeficiente de Los Ángeles, la EHE-08 (art.28.Áridos: art.28.6. Requisitos físico-mecánicos) se indica que la resistencia a la fragmentación del árido grueso determinada con arreglo al método de ensayo indicado en la UNE-EN 1097-2 (ensayo de Los Ángeles) debe ser igual o menor a 40 ($LA \leq 40$). Para la fabricación de hormigón en masa o armado, de resistencia característica especificada no superior a 30 N/mm², podrán utilizarse áridos gruesos con una resistencia a la fragmentación entre 40 y 50 en el ensayo de Los Ángeles (UNE-EN 1097-2) si existe experiencia previa en su empleo y hay estudios experimentales específicos que avalen su utilización sin perjuicio de las prestaciones del hormigón.

ACTIVIDADES PROPUESTAS

1. Calcular el coeficiente de Los Ángeles, LA, de ensayo realizado en el laboratorio.

Masa retenida por el tamiz de 1,6 mm	m (g) =
El coeficiente de Los Ángeles $LA = \frac{5\,000 - m}{50}$	LA =

2. ¿Qué requisito del valor del coeficiente de Los Ángeles establece la EHE-08? Indicar si el árido ensayado en el laboratorio cumple con ese requisito.
3. ¿Qué recomendación del valor del coeficiente de Los Ángeles recomienda la EHE-08 para hormigones de alta resistencia?
4. ¿Por qué es necesario limitar el valor del coeficiente de Los Ángeles de los áridos gruesos utilizados en la fabricación del hormigón?

PARA SABER MÁS

La norma UNE-EN 1097-2 para realizar el ensayo de Los Ángeles permite ensayar cinco fracciones granulométricas comprendidas entre los tamaños 4 y 16 mm. Cuando se utilicen otras fracciones granulométricas en la fabricación del hormigón, de tamaños superiores a 16 mm, deberán reducirse por machaqueo. Es necesario limitar el valor del coeficiente de Los Ángeles de los áridos gruesos utilizados en la fabricación del hormigón ya que, a medida que aumenta este coeficiente, aumenta la deformación bajo carga del hormigón y puede bajar la resistencia. Para hormigones de alta resistencia, se recomienda que el coeficiente de desgaste de Los Ángeles de los áridos no sea superior a 25.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] *UNE-EN 1097-2*. Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 2: Métodos para la determinación de la resistencia a la fragmentación
- [2] *UNE-EN 1097-2/A1*. Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 2: Métodos para la determinación de la resistencia a la fragmentación
- [3] *EHE-08*. (2008). Instrucción de Hormigón Estructural. Ministerio de Fomento.
- [4] *González, E. (en elaboración)*. Vídeos de prácticas (II) de Materiales de Construcción para dispositivos móviles.