

# Procedimiento de control del hormigón para elementos prefabricados, según el Código Estructural (RD 470/2021)

Este documento ha sido desarrollado conjuntamente por ANDECE (Asociación Nacional de la Industria del Prefabricado de Hormigón) en representación de la industria de fabricantes de elementos prefabricados de hormigón, los organismos notificados para la certificación del control de producción en fábrica de los elementos prefabricados de hormigón con marcado CE obligatorio bajo el sistema EVCP 2+ (AENOR, Applus + LGAI, AW Certificación, BUREAU VERITAS CERTIFICATION, CEMOSA. Ingeniería y Control, OCA INSTITUTO DE CERTIFICACIÓN, TECNALIA R&I CERTIFICACIÓN, VERUS CERTIFICACIÓN) y ha contado con la supervisión de la Secretaría General Técnica del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana.

## 1. Introducción

Según el Art. 62.1 Criterios generales para el control de la conformidad de los elementos prefabricados, en el caso general de elementos prefabricados elaborados con hormigón conforme a la norma EN 206, norma de referencia para los productos con marcado CE obligatorio (de acuerdo a la versión establecida en la norma de producto correspondiente - ver lista en la siguiente ficha de control documental [\[+\]](#)), se empleará en el proyecto del elemento prefabricado unos coeficientes de ponderación, en situación persistente o transitoria, de 1,70 para el hormigón y de 1,15 para el acero. No obstante, el fabricante podrá aplicar un coeficiente parcial de seguridad de 1,50 para el hormigón, si dispone de un certificado del control de producción en fábrica, concedido por una entidad de certificación según el apartado 17.2.2.2 del Código Estructural, en cualquier caso acreditados conforme a los apartados de este Código que le sean de aplicación y a la norma UNE-EN ISO/IEC 17065 según el Reglamento (CE) N.º 765/2008, del Parlamento Europeo y del Consejo de 9 de julio, que demuestre que el hormigón se fabrica de conformidad con los criterios establecidos en este Código.

Por tanto, en el caso de productos para los que no sea de aplicación el marcado CE como para aquéllos en los que el prefabricador desee voluntariamente que, de acuerdo con el apartado 62.1, le sea aplicado un coeficiente parcial de seguridad de 1,50 para el hormigón, deberá seguirse lo indicado en el apartado 57.9.

Esta modalidad de control es de aplicación general a los hormigones de autoconsumo fabricados en centrales fijas ubicadas en instalaciones destinadas a la fabricación industrial de elementos prefabricados estructurales.

NOTA: En otros casos, por ejemplo, que el fabricante de los elementos prefabricados estructurales no produzca su propio hormigón y/o lo adquiera de una planta externa, también podría seguirse esta modalidad de control.

Son de aplicación los criterios específicos establecidos en los siguientes apartados:

- Para los materiales en el artículo 56.4 "Criterios específicos para la comprobación de la conformidad de los productos".

Este documento es complementario a las "Tablas de inspección de fabricación de prefabricados de hormigón estructurales con marcado CE obligatorio, acorde al Código Estructural" [\[+\]](#). Nótese que para la mayoría de los productos prefabricados de hormigón estructurales, coexisten las exigencias de las normas armonizadas correspondientes y el Código Estructural, entre las que se encuentran el control de la recepción de las materias primas (cementos (Art. 28), agua (Art. 29), áridos (Art. 30), aditivos (Art. 31) y adiciones (Art. 32).

- Y los ensayos indicados en el apartado 57.3 "Realización de los ensayos", siendo las características objeto de control la docilidad, la resistencia característica del hormigón y los ensayos durabilidad (ensayos de penetración de agua bajo presión y contenido de aire ocluido).

En general, la comprobación de las especificaciones de este Código para el hormigón endurecido, se llevará a cabo mediante ensayos realizados a la edad de 28 días.

A los efectos de este Código, cualquier característica medible de una amasada, vendrá expresada por el valor medio de un número de ensayos igual o superior a dos.

NOTA: Según el Art. 33.2 se entiende por amasada la cantidad de hormigón fabricada de una sola vez. No obstante, se puede tomar en su lugar la cantidad de hormigón que se fabrique en un periodo determinado de tiempo, siempre que sea en las mismas condiciones esenciales (cantidad y tipo de materiales, condiciones de trabajo, etc.). Por ejemplo: lo que entra de una sola vez en la mezcladora ( $\leq 2m^3$ ).

## 2. Ensayos

### 2.1. Control de la conformidad en la docilidad del hormigón (Art. 57.9.1)

Los ensayos de consistencia del hormigón fresco se realizarán de acuerdo con lo indicado en el apartado 57.3.1, cuando se fabriquen probetas para controlar la resistencia (Art. 57.9.2).

- Para el hormigón fresco por el método del asentamiento, según UNE-EN 12350-2.

- Y en el caso de hormigones autocompactantes, se llevará a cabo lo indicado para los mismos en el artículo 33 de este Código:

- o de fluidez, mediante la determinación del escurrimiento, SF, según UNE-EN 12350-8.
- o de viscosidad, mediante la determinación del tiempo t500 en ensayos de escurrimiento según UNE-EN 12350-8 o mediante la determinación del tiempo tV en ensayos con embudo en V, según UNE-EN 12350-9.
- o de capacidad de paso, determinada mediante el ensayo con caja en L, PL, según UNE-EN 12350-10, o mediante el ensayo con el anillo japonés, PJ, según UNE-EN 12350-12.
- o de resistencia a la segregación, mediante la determinación del porcentaje de segregación, SR, según UNE-EN 12350-11.

El ensayo será satisfactorio cuando el resultado esté dentro de las tolerancias marcadas en el proyecto o en su defecto, en el Código Estructural.

## 2.2. Control estadístico de la resistencia (Art. 57.9.2)

Para el control de la resistencia, de acuerdo al apartado 62.5.3 se considera como lote el conjunto del mismo tipo de hormigón con el que se ha fabricado la totalidad de elementos prefabricados de una misma tipología en un período de tiempo. El período máximo de tiempo será de un mes natural para fabricaciones continuas de un tipo de hormigón o de una semana, en el caso de hormigones con bajas producciones. Se entenderá como baja producción aquella que no alcance las 16 tomas mensuales exigidas para la producción continua.

Todas las amasadas del mismo lote estarán elaboradas con los mismos materiales componentes y tendrán la misma dosificación nominal.

El control estadístico de la resistencia deberá obtenerse a partir de los resultados de los ensayos acumulados del mismo tipo de hormigón en la misma planta, con independencia de que los elementos prefabricados con las amasadas de ese lote pertenezcan a más de una obra.

	Producción continua	Baja producción
Frecuencia de ensayo (hasta 300 m3 por tipo) (*)	diaria	diaria
Nº de ensayos mínimos	16/mes	2/semana

(\*) En producciones superiores a 300 m3 por tipo y día, se incrementará en una toma diaria más

El proyectista o, en su caso, el prefabricador identificará la resistencia característica que debe cumplir cada tipo de hormigón que se utilice en la realización de los elementos prefabricados estructurales.

La conformidad de la resistencia del hormigón de cada lote se comprobará determinando la misma en todas las amasadas sometidas a control, mediante la aplicación de los criterios de conformidad establecidos en el apartado 57.9.2.

Las tomas de muestras se realizarán aleatoriamente entre las amasadas del mismo tipo de hormigón dentro del período considerado.

Se realizará un control de contraste externo de la resistencia del hormigón con una frecuencia nunca inferior a 2 determinaciones al mes para el total de la producción, cuando existan varios tipos de hormigón fabricados en el mes, procurando un muestreo equitativo de los hormigones a lo largo de los meses. En caso de darse la circunstancia de producir un solo tipo de hormigón durante el mes se efectuará un control mensual de dicho tipo de hormigón.

El criterio de aceptación de la resistencia del hormigón fabricado en central y destinado a elementos prefabricados estructurales con producción continua de un tipo de hormigón se define según la expresión siguiente:

$$f(\bar{x}) = \bar{x} - 1,66 s_{35}^* \geq f_{ck}$$

donde:

$\bar{x}$  es el valor medio de los resultados obtenidos en las N amasadas ensayadas por lote.

$s_{35}^*$  es el valor de la desviación típica correspondiente a la producción del tipo de hormigón suministrado en N/mm<sup>2</sup>, obtenida a partir de los 35 últimos resultados

$$s_{35}^* = \sqrt{\frac{1}{34} \sum_{i=1}^{35} (x_i - \bar{x}_{35})^2}$$

$f_{ck}$  Valor de la resistencia característica especificada para el tipo de hormigón utilizado.

Cuando no exista producción continua de un tipo de hormigón, dando lugar a baja producción de un tipo de hormigón, se comprobarán los lotes establecidos en la tabla 57.9.2 con periodicidad semanal mediante el criterio siguiente:

$$f(\bar{x}) = \bar{x} - K_2 r_n \geq f_{ck}$$

donde:

$\bar{x}$  es el valor medio de los resultados obtenidos en las N amasadas ensayadas por lote; en este caso, para el periodo de una semana.

$K_2$  Valor del coeficiente reflejado en la tabla 57.9.2.2 según el número de amasadas N

$r_n$  Valor del recorrido muestral definido como  $r_n = x(N) - x(1)$

$x(1)$  Valor mínimo de los resultados obtenidos en las últimas N amasadas ensayadas por lote

$x(N)$  Valor máximo de los resultados obtenidos en las últimas N amasadas ensayadas por lote

$f_{ck}$  Valor de la resistencia característica especificada para el tipo de hormigón utilizado

Coeficiente	Número de amasadas ensayadas/lote				
	2	3	4	5	6
K2	1,66	1,02	0,82	0,72	0,66

Tabla 57.9.2.2 Coeficiente K2

El criterio de aceptación del control de contraste externo de la resistencia del hormigón se define según la expresión:

$$x_i \geq f_{ck}$$

donde:

$x_i$  es el valor de cada uno de los resultados obtenidos en los ensayos de contraste externo

$f_{ck}$  es el valor de la resistencia característica especificada para el tipo de hormigón utilizado

En el caso de producirse alguna no conformidad del hormigón tanto en los ensayos de autocontrol como de contraste externo, el prefabricador deberá comunicarlo a las correspondientes direcciones facultativas, que valorarán la oportunidad de aplicar los criterios establecidos para el hormigón fabricado en central de acuerdo con el apartado 57.7.3.

### 2.3. Ensayos de durabilidad (Art. 57.3.3)

En el caso de elementos estructurales ubicados en ambientes muy agresivos (XS, XD, XF, XM o XA), el hormigón deberá presentar un comportamiento suficientemente impermeable, determinado según UNE-EN 12390-8 con las modificaciones y criterios para comprobar la conformidad indicados en el artículo 57.3.3, según los criterios recogidos en la tabla 57.5.7.

Un hormigón se considera suficientemente impermeable al agua si los resultados del ensayo de penetración de agua cumplen simultáneamente los valores de la Tabla 57.5.7.

Clase de exposición ambiental	Especificación para la profundidad máxima	Especificación para la profundidad media	Frecuencia
XS1, XS2, XD1, XD2, XD3, XA1, XM1, XM2, XM3, XF1, XF2, XF3, XF4, (cualquier caso)	$Z_m \leq 50 \text{ mm}$ $Z_3 \leq 65 \text{ mm}$	$T_m \leq 30 \text{ mm}$ $T_3 \leq 40 \text{ mm}$	Al inicio y posteriormente cada seis meses
XA2 (en el caso de elementos en masa o armados)			
XS3 y XA3 (cualquier caso)	$Z_m \leq 30 \text{ mm}$ $Z_3 \leq 40 \text{ mm}$	$T_m \leq 20 \text{ mm}$ $T_3 \leq 27 \text{ mm}$	
XA2 (solo en el caso de elementos pretensados)			

Tabla 57.5.7 Especificaciones de profundidad de penetración de agua máxima y media

En el caso de prefabricados sometidos a una clase de exposición XF2 o XF4 se realizará el ensayo de contenido de aire en el hormigón, de acuerdo con lo indicado en el apartado 57.3.3, al inicio y posteriormente una vez cada seis meses. El ensayo será satisfactorio si el hormigón contiene un mínimo de un 4,5 % de aire ocluido de acuerdo con la norma UNE-EN 12350-7, conforme a lo descrito en el apartado 43.3.3. del código.

### 3. Requisitos de los equipos de ensayo

Para los ensayos indicados en el apartado anterior, el fabricante puede contar con equipos propios o tenga que recurrir a externalizarlos si no dispone de todos o alguno de ellos. Según las tablas de inspección de la norma UNE-EN 13369, referencia de las normas de productos prefabricados de hormigón con marcado CE obligatorio bajo sistema 2+, los distintos equipos (propios y externos) deberán cumplir lo siguiente (véase también en las "Tablas de inspección de fabricación de prefabricados de hormigón estructurales con marcado CE obligatorio, acorde al Código Estructural" [+]):

#### 3.1. Equipo de ensayo de la docilidad del hormigón

- Para el hormigón fresco según apartado 4 Aparatos de la norma UNE-EN 12350-2.

- Y en el caso de hormigones autocompactantes:

- o de fluidez, según apartado 4 de la norma UNE-EN 12350-8.
- o de viscosidad, según apartado 4 de la norma UNE-EN 12350-9.
- o de capacidad de paso, según apartado 4 de la norma UNE-EN 12350-12.
- o de resistencia a la segregación, según apartado 4 de la norma UNE-EN 12350-11.

#### 3.2. Equipo de ensayo de la resistencia

La resistencia del hormigón se comprobará mediante ensayos de resistencia a compresión realizados conforme a la norma UNE-EN 12390-3, efectuados sobre probetas fabricadas y curadas según UNE-EN 12390-2.

MÉTODO		OBJETIVO	FRECUENCIA
1	Debe asegurarse que la fuerza se calibra con la frecuencia establecida.	Funcionamiento y precisión correctos	- Durante la (re)instalación o después de una reparación importante - Una vez al año
2	Se verifica in situ o de forma documentada la velocidad de carga <sup>A</sup>		
<sup>A</sup> Velocidad de carga: ver apartado 6.2. Carga, de la Norma UNE-EN 12390-3 "Ensayos de hormigón endurecido. Parte 3: Determinación de la resistencia a compresión de probetas"			

Estos requisitos deberán cumplirse tanto por el equipo de ensayo del propio fabricante si dispusiese del mismo, como los equipos externos al fabricante (bien sea para los ensayos de contraste, o para el control de producción si el fabricante no cuenta con equipo propio).

#### 3.3. Equipo de ensayo de la durabilidad del hormigón

La comprobación de la profundidad de penetración de agua bajo presión en el hormigón, se ensayará según la norma UNE-EN 12390-8, con las modificaciones y criterios para comprobar la conformidad indicados en el artículo 57.3.3, según los criterios recogidos en la tabla 57.5.7., destacando los apartados 5 Aparatos, 6 Probetas de ensayo y 7 Procedimiento.

#### Referencias normativas (se indica la versión referenciada en el Anejo 1 del Código Estructural)

- UNE-EN ISO/IEC 17065:2012 Evaluación de la conformidad. Requisitos generales para organismos que certifican productos, procesos y servicios
- UNE-EN 12350-2:2009 Ensayos de hormigón fresco. Parte 2: Ensayo de asentamiento
- UNE-EN 12350-8:2011 Ensayos de hormigón fresco. Parte 8: Hormigón autocompactante. Ensayo del escurrimiento
- UNE-EN 12350-9:2011 Ensayos de hormigón fresco. Parte 9: Hormigón autocompactante. Ensayo del embudo en V
- UNE-EN 12350-10:2011 Ensayos de hormigón fresco. Parte 10: Hormigón autocompactante. Método de la caja en L
- UNE-EN 12350-11:2010 Ensayos de hormigón fresco. Parte 11: Hormigón autocompactante. Ensayo de segregación por tamiz
- UNE-EN 12350-12:2011 Ensayos de hormigón fresco. Parte 12: Hormigón autocompactante. Ensayo con el anillo japonés
- UNE-EN 12390-2:2009 + UNE-EN 12390-2:2009/1M:2015 Ensayos de hormigón endurecido. Parte 2: Fabricación y curado de probetas para ensayos de resistencia

- UNE-EN 12390-3:2009 + UNE-EN 12390-3:2009/AC:2011 Ensayos de hormigón endurecido. Parte 3: Determinación de la resistencia a compresión de probetas
- UNE-EN 12390-8:2009 + UNE-EN 12390-8:2009/1M:2011 Ensayos de hormigón endurecido. Parte 8: Profundidad de penetración de agua bajo presión
- UNE-EN 13369:2013 Reglas comunes para productos prefabricados de hormigón