

6. CONTROL DE LOS COMPONENTES DEL HORMIGÓN

Salvo para los hormigones procedentes de central con sello o marca de calidad reconocido, distintivo reconocido o CC-EHE, se establece el control de recepción en obra de los componentes del hormigón.

6.1. JUSTIFICACIÓN DEL CONTROL

Hormigón preparado con distintivo reconocido o CC-EHE

Certificado de suministro firmado por persona física responsable por parte del suministrador, en el que conste:

- Identificación de la obra.
- Identificación de cada hormigón suministrado, tipificado según el artículo 39.2 de EHE y cantidades totales suministradas de cada uno de ellos.
- Declaración de que todos los hormigones suministrados son productos certificados.

Hormigón preparado sin distintivo reconocido o CC-EHE

Certificado de suministro firmado por persona física responsable por parte del suministrador, en el que conste:

- Identificación de la obra.
- Identificación de cada hormigón suministrado, tipificado según el artículo 39.2 de EHE y cantidades totales suministradas de cada uno de ellos.
- Declaración de que ha sido realizado el control de recepción de los materiales componentes, conforme a las prescripciones de la EHE, y que la documentación justificativa del control está a disposición de la Dirección de Obra.

Hormigón fabricado en central de obra

Certificado de suministro firmado por persona física responsable del control de producción del hormigón, en nombre del fabricante del hormigón en obra, en el que conste:

- Identificación de cada hormigón suministrado, tipificado según el artículo 39.2 de EHE.
- Cantidades fabricadas de cada hormigón tipificado.
- En caso de eximirse por la Dirección de Obra los ensayos de recepción de algún material componente, se adjuntará certificado de suministro del material, que identificará el producto con distintivo de calidad reconocido u otra circunstancia por la que haya sido eximido de ensayos según EHE.

Hormigón no fabricado en central

En caso de eximirse por la Dirección de Obra los ensayos de recepción de algún material componente: certificado de suministro del material que identificará el producto con distintivo de calidad reconocido u otra circunstancia por la que haya sido eximido de ensayo.

Más información:

Artículo 81 de la EHE.

6.2. CONTROL DEL CEMENTO

Se establece la recepción conforme a la vigente Instrucción para la Recepción de Cementos RC-03.

En cualquier caso, el responsable de la recepción, en central o en obra, debe conservar durante 100 días como mínimo una muestra de cada lote de cemento suministrado. Se constituirá al menos un lote por cada tipo de cemento o procedencia suministrado en el transcurso de un mes.

Identificación y Control documental

El responsable de la recepción debe verificar que la designación del cemento que figura en el albarán y, en su caso en los sacos, corresponde con las especificaciones, y además debe comprobar:

- Que el cemento dispone de la documentación que acredita que está legalmente fabricado y comercializado. Esto supone:
 - Para los cementos comunes estar en posesión del marcado CE.
 - Para el resto de cementos (cementos con características adicionales, cementos blancos y cementos especiales) disponer del certificado de conformidad con los requisitos reglamentarios según R.D. 1313/1988.
- Que la documentación de suministro es conforme a lo establecido en el artículo 9 de la Instrucción RC-03.
En caso de que el cemento esté en posesión de distintivo oficialmente reconocido, certificado que lo acredite.
Certificado de garantía del fabricante firmado por persona física.

Toma de muestras

El responsable de la recepción debe elaborar un acta, con el contenido que especifica el artículo 11.3.1 de RC-03, suscrita por él mismo y por los representantes de las partes presentes en la toma de muestras. En el caso de exención de ensayos de recepción deberá hacerse constar en la propia acta.

Realización de ensayos

Ensayos de recepción

La Instrucción RC-03 establece la realización de ensayos de identificación del suministro y ensayos de control. Si el cemento dispone de marcado CE o de distintivo de calidad oficialmente reconocido, está prevista la exención de la realización de ensayos, a criterio de la Dirección Facultativa, según se resume en el siguiente cuadro:

ENSAYOS DE RECEPCIÓN DE CEMENTOS		CEMENTOS COMUNES		CEMENTOS NO COMUNES	
ENSAYOS DE RECEPCIÓN DE CEMENTOS	Ensayos de identificación	Marcado CE y sin distintivo	Marcado CE y sin distintivo	Sin distintivo de	Con distintivo de
	Ensayos de control	Obligatorio	Obligatorio	Obligatorio	Obligatorio

Ensayos por almacenamiento

Con independencia de que el cemento disponga o no de un distintivo reconocido o de marcado CE, la EHE establece que si el periodo de almacenamiento supera 1, 2 ó 3 meses para los cementos de las clases resistentes 52,5, 42,5, 32,5, respectivamente, antes de los 20 días anteriores a su empleo se realizarán los ensayos de principio y fin de fraguado y resistencia mecánica inicial a 7 días (si la clase es 32,5) o a 2 días (las demás clases).

Más información:

Instrucción para la recepción de cementos RC-03. Artículo 26 y 81.1 de la EHE. Apartado 2.1 de esta Guía..

6.3. CONTROL DEL AGUA DE AMASADO

Ensayos de Control

Cuando no se posean antecedentes de su utilización en obras de hormigón se realizarán los ensayos que se indican en el artículo 27.

Más información:

Artículos 27 y 81.2 de la EHE.

6.4. CONTROL DE LOS ÁRIDOS

Control Documental

Cada carga irá acompañada de una *hoja de suministro* con los siguientes datos:

- Nombre del suministrador
- Nº de serie de la hoja de suministro
- Nombre de la cantera
- Fecha de entrega
- Nombre del peticionario

- Tipo de árido
- Cantidad de árido suministrada
- Designación del árido (d/D)
- Identificación del lugar de suministro

Ensayos de Control

Salvo que se disponga de *certificado de idoneidad de los áridos* emitido, como máximo un año antes de la fecha de empleo, por laboratorio oficial o acreditado, deberán realizarse ensayos físico-químicos, físico-mecánicos y granulométricos.

Más información:

Artículos 28 y 81.3 de la EHE.

6.5. CONTROL DE LOS ADITIVOS

No podrán emplearse sin la autorización de la Dirección de Obra.

Control Documental

Deberán estar debidamente etiquetados y acompañados del *certificado de garantía del fabricante* firmado por persona física, de que las características y especialmente el comportamiento del aditivo, agregado en las proporciones previstas, son tales que producen la función principal deseada sin perturbar excesivamente el resto de características del hormigón, ni representar peligro para las armaduras.

Ensayos de Control

Antes de comenzar la obra:

- Mediante ensayos previos del hormigón.
- Determinación de Ph y residuo seco.
- Ausencia de compuestos que favorezcan la corrosión.

Más información:

Artículos 29 y 81.4 de la EHE.

6.6. CONTROL DE LAS ADICIONES

No podrán emplearse sin la autorización de la Dirección de Obra y sólo cuando se utilice cemento tipo CEM I.

Control Documental

Deberá aportarse *certificado de garantía* emitido por laboratorio oficial o acreditado con los resultados de ensayos según art. 29.2 de EHE.

Ensayos de Control

Cenizas volantes

Al menos una vez cada tres meses:

- Trióxido de azufre
- Pérdida por calcinación
- Finura

Humo de sílice

Al menos una vez cada tres meses:

- Pérdida por calcinación
- Contenido de cloruros

Más información:

Artículos 29 y 81.4 de la EHE.

7. CONTROL DEL HORMIGÓN

El control de calidad del hormigón comprende, normalmente, el de resistencia, consistencia y durabilidad, con independencia de la comprobación del tamaño máximo de árido, o de otras características especificadas en proyecto.

Se prohíbe expresamente que en la recepción del hormigón se lleve a cabo la adición de agua, así como la de cualquier otro producto que altere negativamente las propiedades del hormigón y que no haya sido previamente establecido en las condiciones del contrato de suministro.

7.1. CONTROL DOCUMENTAL

Hormigón fabricado en central

Control de las *hojas de suministro* que necesariamente acompañarán cada carga de hormigón.

Deberán estar firmadas por persona física pero, según el nuevo comentario al artículo 82º, quien firma la hoja de suministro se hace responsable de la veracidad de los datos en ella incluidos, por lo que se entiende deberá tener un cierto nivel de responsabilidad en el proceso productivo, y no podrá ser en ningún caso el transportista de la carga de hormigón.

Contendrán, al menos, los siguientes datos:

- 1.- Nombre de la central de fabricación de hormigón.
- 2.- Número de serie de la hoja de suministro.
- 3.- Fecha de entrega.
- 4.- Nombre del peticionario y del responsable de la recepción.
- 5.- Especificación del hormigón.
 - a) Cuando se designe por propiedades: Designación según EHE, contenido de cemento (Kg/m^3) con una tolerancia de $\pm 15\text{Kg}$, relación agua/cemento con una tolerancia de $\pm 0,02$.
Cuando se designe por dosificación: Contenido de cemento por metro cúbico de hormigón, relación agua/cemento con una tolerancia de $\pm 0,02$, tipo de ambiente según EHE.
 - b) Tipo, clase y marca del cemento.
 - c) Consistencia.
 - d) Tamaño máximo del árido.
 - e) Tipo de aditivo, según UNE-EN 934-2:98, si lo hubiere, y en caso contrario indicación expresa de que no contiene.
 - f) Procedencia y cantidad de adición (cenizas volantes o humo de sílice), si la hubiere y, en caso contrario, indicación expresa de que no contiene.
- 6.- Designación específica del lugar del suministro (nombre y lugar).
- 7.- Cantidad de hormigón que compone la carga, en m^3 de hormigón fresco.
- 8.- Identificación del camión hormigonera y de la persona que procede a la descarga
- 9.- Hora límite de uso para el hormigón

Si el hormigón está sometido a ambiente III o IV o presenta cualquier tipo de exposición específica, es necesaria la realización del ensayo de penetración de agua. En el caso de hormigones fabricados en central, la Dirección de Obra podrá eximir de la realización de estos ensayos, cuando el suministrador presente, previamente al

inicio de la obra, una documentación que permita el control documental sobre los siguientes puntos:

- 1.- Composición de las dosificaciones de hormigón que se va a emplear.
- 2.- Identificación de las materias primas.
- 3.- Copia del informe con los resultados del ensayo de determinación de profundidad de penetración de agua bajo presión (UNE 83309:90 EX) realizados por laboratorio oficial o acreditado, como máximo con 6 meses de antelación.
- 4.- Materias primas y dosificaciones empleadas en la fabricación de las probetas utilizadas en los anteriores ensayos, que deberán coincidir con las declaradas por el suministrador para el hormigón a emplear en obra.

Hormigón no fabricado en central

El constructor mantendrá en obra, a disposición de la Dirección de Obra, un libro registro donde constará:

- La dosificación o dosificaciones nominales a emplear en obra, que deberá ser aceptada expresamente por la Dirección de Obra. Así como cualquier corrección realizada durante el proceso, con su correspondiente justificación.
- Relación de proveedores de materias primas para la elaboración del hormigón.
- Descripción de los equipos empleados en la elaboración del hormigón.
- Referencia al documento de calibrado de la balanza de dosificación del cemento.
- Registro del número de amasadas empleadas en cada lote, fechas de hormigonado y resultados de los ensayos realizados, en su caso. En cada registro se indicará el contenido de cemento y la relación agua cemento empleados y estará firmado por persona física.

Más información:

Artículos 69.2.9, 69.3, 82 y 85.2 de la EHE.

7.2. CONTROL DE LA DURABILIDAD

El control de las especificaciones relativas a la durabilidad del hormigón se llevará a cabo mediante:

- La comprobación, mediante el control documental, de las limitaciones de la relación a/c y del contenido de cemento.
- Si las clases de exposición son III o IV o cuando el ambiente presente cualquier clase de exposición específica: control de la profundidad de penetración de agua. Este control se realiza previamente al inicio de la obra, mediante la realización de ensayos según UNE 83309:90 EX. La

Dirección de Obra podrá eximir de la realización de estos ensayos cuando el suministrador presente la documentación que permita el control documental de la idoneidad de la dosificación a emplear (ver apartado 7.1 de esta Guía).

Criterios de valoración

El hormigón ensayado conforme UNE 83309:90 EX, deberá cumplir simultáneamente las siguientes condiciones:

$$Z_m = \frac{Z_1 + Z_2 + Z_3}{3} \leq 50 \text{ mm} \quad Z_3 \leq 65 \text{ mm}$$

$$T_m = \frac{T_1 + T_2 + T_3}{3} \leq 30 \text{ mm} \quad T_3 \leq 40 \text{ mm}$$

Donde: $Z_1 \leq Z_2 \leq Z_3$ Son las profundidades máximas de penetración

$T_1 \leq T_2 \leq T_3$ Son las profundidades medias de penetración

Más información:

Artículos 37.3.2 y 85 de la EHE.

7.3. CONTROL DE LA CONSISTENCIA

La consistencia se determinará mediante cono de Abrams (UNE 83313:90), obteniéndose como media aritmética de dos valores, cuyo resultado es un número entero en centímetros.

Se determinará:

- Siempre que se fabriquen probetas para el control de resistencia.
- En control reducido.
- Cuando lo ordene la Dirección de Obra.

Criterios de aceptación o rechazo

La media aritmética de los dos valores obtenidos debe estar comprendida dentro del

intervalo y dentro de la tolerancia, respectivamente, ya sean valores definidos por su tipo o por su asiento.

Tabla 30.6

Tolerancias para la consistencia del hormigón

Consistencia definida por su tipo		
Tipo de consistencia	Tolerancia en cm	Intervalo resultante
Seca	0	0 - 2
Plástica	±1	2 - 6
Blanda	±1	5 - 10
Fluida	±2	8 - 17
Consistencia definida por su asiento		
Asiento en cm (A)	Tolerancia en cm	Intervalo resultante
Entre 0 - 2	±1	A±1
Entre 3 - 7	±2	A±2
Entre 8 - 12	±3	A±3

Más información:

Artículo 30.6 de la EHE.

7.4. CONTROL DE LA RESISTENCIA

Los ensayos se realizan sobre probetas cilíndricas de 15 x 30 cm (mínimo 2 por amasada), fabricadas, curadas y ensayadas a compresión a 28 días, según UNE 83301:91, 83303:84 y 83304:84, por laboratorio oficial o acreditado.

Con independencia de los ensayos previos y característicos (preceptivos si no se dispone de experiencia previa con los materiales, dosificación y proceso de ejecución previstos), y de los ensayos de información complementaria, la EHE establece con carácter preceptivo el control de la resistencia a lo largo de la ejecución mediante los ensayos de control.

Más información:

Ensayos previos: artículo 86 de la EHE.

Ensayos característicos: artículo 87 de la EHE.

7.5. ENSAYOS DE CONTROL

Los ensayos de control son preceptivos en todos los casos y tienen por objeto comprobar que la resistencia característica del hormigón de la obra es igual o superior a la de proyecto. El control podrá realizarse según las siguientes modalidades:

- Control reducido.
- Control al 100 por 100.
- Control estadístico.

Más información:

Artículo 88.1 de la EHE.

7.6. CONTROL A NIVEL REDUCIDO

Su aplicación tiene las siguientes limitaciones:

- En obras de ingeniería: obras de pequeña importancia.
- En edificios de viviendas: hasta dos plantas con luces inferiores de 6 m.
- En elementos a flexión de edificios de viviendas de hasta cuatro plantas con luces inferiores a 6 m.
- Resistencia de cálculo del hormigón f_{cd} no mayor a 10 N/mm².
- No se puede aplicar en clases de exposición III o IV.

Se realizarán como mínimo 4 ensayos de determinación de consistencia a lo largo del día. Deberá quedar constancia escrita de los valores obtenidos y decisiones adoptadas en su caso.

Más información:

Artículo 88.2 de la EHE.

7.7. CONTROL AL 100 POR 100

Se realiza determinando la resistencia de todas las amasadas.

Más información:

Artículo 88.3 de la EHE.

7.8. CONTROL ESTADÍSTICO

Es de aplicación general a obras de hormigón estructural. Para la realización del control se divide la obra en lotes con unos tamaños máximos en función del tipo de elemento estructural de que se trate, según la siguiente tabla:

Tabla 88.4.a

Límites máximos para el establecimiento de los lotes de control

Límite superior	TIPO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES		
	Estructuras que tienen elementos comprimidos (pilares, pilas, muros portantes, pilotes, etc.)	Estructuras que tienen únicamente elementos sometidos a flexión (forjados de hormigón con pilares metálicos, tableros, muros de contención, etc.)	Macizos (zapatas, estribos de puente, bloques, etc.)
Volumen de hormigón	100 m ³	100 m ³	100 m ³
Número de amasadas (1)	50	50	100
Tiempo de hormigonado	2 semanas	2 semanas	1 semana
Superficie	500 m ²	1.000 m ²	---
Número de plantas	2	2	---

(1) Este límite no es obligatorio en obras de edificación.

En la formación de lotes se respetarán las siguientes condiciones:

- No se mezclarán en un mismo lote elementos que pertenezcan a columnas distintas de la tabla.
- Todas las amasadas de un mismo lote procederán del mismo suministrador, estarán elaboradas con las mismas materias primas y con la misma dosificación nominal.
- Si un lote corresponde a dos plantas de un edificio, se realizará al menos una determinación por planta.

Si el hormigón procede de central con distintivo de calidad o CC-EHE, se podrán aumentar al doble los límites de la tabla anterior, siempre que se den además las siguientes condiciones:

- Los resultados del control de producción están a disposición del peticionario y son satisfactorios. La Dirección de Obra revisará este punto y lo recogerá en la documentación final de obra.
- El número mínimo de lotes a ensayar será de tres, correspondiendo si es posible a las tres columnas de la tabla 88.4.a.
- Si en algún lote la f_{est} fuera menor a la resistencia característica de proyecto, se pasará a realizar el control normal sin reducción en la intensidad, hasta que en 4 lotes consecutivos se obtengan resultados satisfactorios.

Ejemplos:

Edificio con cimentación por zapatas de hormigón y estructura de pórticos y forjados de hormigón. Todo el hormigón es HA-25/B/20/IIa de central. Deberán formarse lotes independientes para cimentación y estructura, con los límites máximos de las columnas derecha (cimentación) e izquierda (estructuras con elementos comprimidos), respectivamente.

Edificio con cimentación por zapatas de hormigón y estructura de pórticos y forjados de hormigón. Todo el hormigón es HA-25/B/20/IIa, de central en cimientos, vigas y forjados y confeccionado en obra para pilares. Deberán formarse lotes independientes en cimientos (con los límites de la columna derecha), vigas y forjados (con los límites de la columna central) y pilares (con los límites de la columna izquierda). A diferencia del ejemplo anterior, no se mezcla en un mismo lote el hormigón de pilares y forjados, ya que aún cuando el hormigón tiene las mismas especificaciones, los suministradores son distintos (obra y central).

Edificio con cimentación por zapatas de hormigón y estructura de pilares metálicos, muros de carga de fábrica y forjados de hormigón. Todo el hormigón es HA-25/B/20/IIa. Deberán formarse lotes independientes en cimientos (con los límites de la columna derecha) y en vigas y forjados (con los límites de la columna central).

Obtención de la resistencia característica estimada

Se determinará la resistencia de N amasadas por lote y se obtendrá la resistencia característica estimada:

Resistencia característica de proyecto	Amasadas mínimas a ensayar por lote (N)	Resistencia característica estimada
$f_{ck} \leq 25 \text{ N/mm}^2$	2	$f_{est} = K_N \cdot X_1$
$25 \text{ N/mm}^2 < f_{ck} \leq 35 \text{ N/mm}^2$	4	$f_{est} = K_N \cdot X_1$
$f_{ck} > 35 \text{ N/mm}^2$	6	$f_{est} = 2 \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_{m-1} - X_m}{K_N \cdot X_1}$ $m-1$

Siendo:

K_N = Coeficiente de la tabla 88.4.b, en función de N y clase de instalación en que se

fabrique el hormigón.

X_1 = Resistencia de la amasada de menor resistencia.

$m = N/2$ si N es par y $(N-1)/2$ si N es impar.

Tabla 88.4.b: Valores de K_N

N	HORMIGONES FABRICADOS EN CENTRAL							Otros casos K_N
	CLASE A			CLASE B		CLASE C		
	r recorrido relativo máximo	K_N		r recorrido relativo máximo	K_N	r recorrido relativo máximo	K_N	
		Con Sello de Calidad	Sin Sello de Calidad					
2	0.29	0.93	0.90	0.40	0.85	0.50	0.81	0.75
3	0.31	0.95	0.92	0.46	0.88	0.57	0.85	0.80
4	0.34	0.97	0.94	0.49	0.90	0.61	0.88	0.84
5	0.36	0.98	0.95	0.53	0.92	0.66	0.90	0.87
6	0.38	0.99	0.96	0.55	0.94	0.68	0.92	0.89
7	0.39	1.00	0.97	0.57	0.95	0.71	0.93	0.91
8	0.40	1.00	0.97	0.59	0.96	0.73	0.95	0.93

La forma de operar es la siguiente:

- Al comienzo de la obra se acepta la clasificación (A, B o C) que propone la central.
- Para cada lote se determina el recorrido relativo de las resistencias obtenidas en las N amasadas controladas: $r = (X_{m\acute{a}x} - X_{m\acute{i}n}) / X_m$

Donde:

r recorrido relativo

$X_{m\acute{a}x}$ resistencia de la amasada de mayor resistencia del lote

$X_{m\acute{i}n}$ resistencia de la amasada de menor resistencia del lote

X_m resistencia media de todas las amasadas del lote

- Si r resulta inferior al recorrido especificado para esa clase de central y número de amasadas, se aplica el coeficiente K_N correspondiente.

- Si en algún lote el valor del recorrido relativo resulta superior al máximo establecido para esta clase de central, ésta cambia su clasificación a la que corresponda al valor máximo establecido para r . Tanto en ese lote como en los siguientes se utilizará para la estimación el K_N correspondiente a esta nueva clasificación, salvo que tampoco se cumpliera el recorrido relativo de la columna correspondiente a la nueva clasificación, en cuyo caso se procedería de igual forma, aplicando el coeficiente K_N del nivel correspondiente.
- Para poder aplicar el coeficiente K_N de un nivel inmediatamente anterior, será necesario haber obtenido resultados de recorrido relativo inferior o igual al máximo de la tabla en cinco lotes consecutivos, pudiéndose aplicar ya, al quinto y siguientes, el nuevo K_N .

Ejemplo:

Central Clase A, sin sello de calidad. Se ensayan 2 amasadas por lote.

Lote nº	Nº toma	Resistencia (N/mm ²)	Recorrido relativo	K_N	f_{est} (N/mm ²)
1	1	35	0,15	0,90	27,0
	2	30			
2	1	28	0,30	0,85	23,8
	2	38			
3	1	31	0,15	0,85	26,4
	2	36			
4	1	30	0,15	0,85	25,5
	2	35			
5	1	32	0,17	0,85	27,2
	2	38			
6	1	31	0,20	0,85	26,4
	2	38			
7	1	31,5	0,13	0,90	28,3
	2	36			
8	1	29	0,11	0,90	26,1
	2	32,5			

En el lote 2 resulta un recorrido relativo superior al que corresponde para la clase de central y número de amasadas que se ensayan, adoptándose en este lote y sucesivos el valor de K_N correspondiente a dicho recorrido relativo y número de amasadas ($0,29 < r \leq 0,40$).

Hasta que en 5 lotes consecutivos no se obtienen valores de r no mayores al máximo del nivel anterior (0,29), no se puede volver a emplear el K_N correspondiente a dicho recorrido relativo (0,90). En el ejemplo, esto ocurre en el lote 7, y al ser éste el quinto en el que $r \leq 0,29$, se puede volver a aplicar un K_N de 0,90.

Criterios de aceptación o rechazo

- Si $f_{est} \geq f_{ck}$ se aceptará el lote.
- Si $f_{est} \geq 0,9 f_{ck}$ salvo previsión explícita en el pliego de condiciones, el lote se

aceptará.

- Si $f_{est} < 0,9 f_{ck}$ se podrá realizar a petición de cualquiera de las partes o por decisión de la Dirección de Obra los estudios de seguridad, ensayos de información complementaria o pruebas de carga que correspondan, en cuyo caso la decisión se traslada al resultado de éstos.

Más información:

Artículos 88.4 y 88.5 de la EHE.

7.9. ENSAYOS DE INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Estos ensayos sólo son preceptivos cuando se aprecien daños en la ejecución de la estructura hormigonada en tiempo de helada, en obras de importancia cuando se precise estimar la resistencia real del hormigón y poder fijar el momento de desencofrado o descimbrado, cuando en algún lote $f_{est} < 0,9 f_{ck}$, o cuando así lo indique el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

Pueden consistir en:

- Fabricación y rotura de probetas conservadas en condiciones similares a las que se encuentra el hormigón cuya resistencia se pretende estimar.
- Rotura de probetas testigo.
- Empleo de otros métodos no destructivos complementarios de los anteriores.

Más información:

Artículo 89 de la EHE.

8. CONTROL DEL ACERO

8.1. CONTROL DOCUMENTAL

Las barras llevarán grabadas las *marcas de identificación* (apartado 12 de UNE 36068:94) relativas a: tipo de acero (geometría del corrugado), país de origen (el indicativo de España es el 7) y marca del fabricante.

No se podrán utilizar aceros que no lleguen a obra con el *certificado de garantía del fabricante* firmado por persona física. Se distinguen dos casos:

Productos certificados

Cada partida irá acompañada de:

- Acreditación de que está en posesión de distintivo o CC-EHE.
- Certificado específico de adherencia (barras y alambres corrugados).
- Certificado de Garantía del fabricante, firmado por persona física, con los valores límites de las siguientes características: Límite elástico (f_y), carga unitaria de rotura (f_s), alargamiento de rotura, relación f_s/f_y , diámetro del mandril (ensayo de doblado-desdoblado).

Productos no certificados

Cada partida irá acompañada de:

- Resultados de los ensayos correspondientes a composición química, características mecánicas y características geométricas, efectuado por Organismo de Certificación y/o Ensayos autorizado conforme R.D. 2200/95 o por Organismo de la Administración Pública, justificativos del cumplimiento de 31.2, 31.3 ó 31.4.
- Certificado específico de adherencia (barras y alambres corrugados).
- Certificado de Garantía del fabricante, firmado por persona física, con los valores límites de las siguientes características: Límite elástico (f_y), carga unitaria de rotura (f_s), alargamiento de rotura, relación f_s/f_y , diámetro del mandril (ensayo de doblado-desdoblado).

Más información:

Artículos 31, 32 y 90.1 de la EHE.

8.2. CONTROL A NIVEL REDUCIDO

Para aplicarse este nivel de control:

- El acero debe estar certificado
- La resistencia de cálculo será $0,75 f_{yk}/\gamma_s$

El control consiste en comprobar sobre cada diámetro:

- Que la sección equivalente cumple lo especificado en 31.1, realizándose dos verificaciones en cada partida.
- Que no se formen grietas o fisuras en zonas de doblado y ganchos de anclaje.

Condiciones de aceptación o rechazo

Comprobación de la sección media equivalente:

- Si las dos comprobaciones resultan satisfactorias se aceptará la partida.
- Si las dos resultan no satisfactorias se rechazará la partida.
- Si sólo una resulta no satisfactoria se comprobarán cuatro nuevas muestras de la misma partida y sólo se aceptará si las cuatro resultan satisfactorias.

Comprobación de la no formación de grietas o fisuras en ganchos de anclaje: la aparición de grietas o fisuras en los ganchos de anclaje o zonas de doblado de cualquier barra, obligará al rechazo de toda la partida a la que corresponda la barra.

Más información:

Artículo 90.2 de la EHE.

8.3. CONTROL A NIVEL NORMAL

Formación de lotes

Las armaduras se dividirán en lotes que correspondan a un mismo

suministrador, designación y serie.

Se definen las siguientes series:

- Serie fina: diámetros hasta 10 mm.
- Serie media: diámetros de 12 a 20 mm.
- Serie gruesa: diámetros a partir de 25 mm.

	Tamaño máximo del lote	Observaciones
Acero certificado	40 T.	El control debe realizarse previamente a la puesta en servicio de la estructura
Acero no certificado	20 T.	El control debe realizarse previamente al hormigonado

Ensayos

- Por cada lote, en 2 probetas:
 - Sección equivalente.
 - Características geométricas de las corrugas.
 - Doblado-desdoblado.

(Obsérvese que no aparece el doblado simple que sí prescribía la EH-91).

Además, la EHE establece que por cada diámetro, tipo de acero y suministrador, se ensayará en dos ocasiones:

- Límite elástico, carga de rotura y alargamiento en rotura.
- En el caso de existir empalmes por soldadura, se comprobará la soldabilidad (art. 90.4 de EHE).

Condiciones de aceptación o rechazo

Comprobación de la sección equivalente:

- Si las dos comprobaciones resultan satisfactorias se aceptará el lote.
- Si las dos resultan no satisfactorias se rechazará el lote.
- Si sólo una resulta no satisfactoria se comprobarán cuatro nuevas muestras del mismo lote y sólo se aceptará si las cuatro resultan satisfactorias.

Características geométricas de los resaltos de barras corrugadas: el incumplimiento de los límites admisibles establecido en el certificado específico de adherencia será condición suficiente para el rechazo del lote.

Ensayos de doblado - desdoblado: si se produce algún fallo se someterán a ensayo cuatro nuevas probetas del mismo lote. Cualquier fallo registrado en estos nuevos ensayos obligará a rechazar el lote.

Ensayos de tracción (límite elástico, carga y alargamiento de rotura): mientras los resultados sean satisfactorios se aceptarán las barras del correspondiente diámetro, tipo de acero y suministrador. Si se registra algún fallo, la instrucción prevé una mayor intensidad del muestreo (art. 90.5 EHE).

Más información:

Artículo 90 de la EHE.

9. CONTROL DE LA EJECUCIÓN

Se establece con carácter preceptivo el control de la ejecución. En todos los casos deberá redactarse un *Plan de Control* y los resultados de las inspecciones y medidas correctoras adoptadas se recogerán en los correspondientes *partes o informes* que se unirán a la Documentación Final de Obra que la Dirección de Obra debe entregar a la Propiedad.

Se establecen tres niveles de control directamente relacionados con los coeficientes de mayoración de acciones γ_f . En función del nivel de control de ejecución se exige un número mínimo de inspecciones por lote. En el artículo 95.1 se incluye, a título orientativo pero no excluyente, una tabla con las comprobaciones que deben efectuarse.

En el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares el proyectista deberá definir el sistema de tolerancias, así como las decisiones y sistemática a seguir en caso de incumplimiento.

Nivel del control de ejecución	Plan de Control	Documentación control ejecución	Tamaño del lote	Nº mín. insp./lote	Observaciones
Intenso	SÍ	SÍ Resultados de inspecciones en documentación final de obra	500 m ² , sin rebasar las 2 plantas	3	El constructor poseerá sistema de control de calidad auditado en forma externa. Ferralla y prefabricados con sistema de certificación voluntario.
Normal	SÍ	SÍ Resultados de inspecciones en documentación final de obra	500 m ² , sin rebasar las 2 plantas	2	----
Reducido	SÍ	SÍ Resultados de inspecciones en documentación final de obra	500 m ² , sin rebasar las 2 plantas	1	----

La EHE define y clasifica las pruebas de carga sobre la estructura, estableciendo criterios para su realización, análisis e interpretación.

Más información:

Artículos 4.9, 95, 96 y 99 y Anejo 10 de la EHE.