

**EJEMPLOS DE APLICACIÓN
DE LOS CRITERIOS DE CONTROL
DE RECEPCIÓN DEL HORMIGÓN
Y LA FERRALLA SEGÚN EL**

CÓDIGO ESTRUCTURAL

FUNDACIÓN
Musaat

MONOGRAFÍA

EJEMPLOS DE APLICACIÓN DE LOS CRITERIOS DE CONTROL DE RECEPCIÓN DEL HORMIGÓN Y LA FERRALLA SEGÚN EL **CÓDIGO ESTRUCTURAL**

Juan José Palencia Guillén

Victoria de los Ángeles Viedma Peláez

Julián Pérez Navarro

Sonia Rodríguez Valenzuela

FUNDACIÓN
musaat

Puede descargar el material adicional de esta monografía en :

<https://fundacionmusaat.musaat.es/publicaciones/materias/proceso-edificatorio/5/#104>



1.ª edición: diciembre 2023.

©de textos y fotografías

Autores: Juan José Palencia Guillén, Victoria de los Ángeles Viedma Peláez, Julián Pérez Navarro y Sonia Rodríguez Valenzuela.

©de la edición, Fundación MUSAAT, todos los derechos reservados.

EDITA: Fundación MUSAAT, Calle del Jazmín, 66 - 28033 MADRID.

IMPRIME: Gráficas Hispania Valladolid, S.L. - Tfno.: 983 292 074.

DEPÓSITO LEGAL: M-33702-2023

ISBN: 978-84-09-55586-4

El presente documento ha sido promovido y elaborado por la Fundación MUSAAT.

Reservados todos los derechos. No se permite la reproducción total o parcial de esta obra, ni su incorporación a un sistema informático, ni su transmisión en cualquier forma o por cualquier medio (electrónico, mecánico, fotocopia, grabación u otros) sin autorización previa y por escrito de los titulares del copyright. La infracción de dichos derechos puede constituir un delito contra la propiedad intelectual.

ÍNDICE

Prólogo	7
1. INTRODUCCIÓN Y ALCANCE	9
2. CONTROL DOCUMENTAL DE LOS SUMINISTROS.	10
2.1 Distintivo de calidad oficialmente reconocido (DCOR).	10
2.2 Control documental del hormigón	11
2.3 Control documental de las armaduras pasivas normalizadas	12
2.4 Control documental del acero de las armaduras pasivas.	13
2.5 Control documental de la ferralla	14
2.6 control documental de piezas prefabricadas de entrevigado: viguetas y bovedillas	15
3. CONTROL EXPERIMENTAL - NORMATIVA DE ENSAYO	16
4. EJEMPLOS DE CONTROL DE LA RESISTENCIA DEL HORMIGÓN AL 100 POR 100.	16
4.1 EJEMPLO I: Control de la resistencia al 100 por 100 con número de amasadas $N \leq 20$	17
4.1.1 Datos de origen	17
4.1.2 Resultados obtenidos del control de la resistencia	17
4.1.3 Criterio de aceptación, conforme al apartado 57.5.5.2 del Código	17
4.1.4 Decisiones derivadas del control	17
4.2 EJEMPLO II: Control de la resistencia al 100 por 100 con número de amasadas $N > 20$	17
4.2.1 Datos de origen	17
4.2.2 Resultados obtenidos.	17
4.2.3 Criterio de aceptación conforme al apartado 57.5.5.2 del Código	18
4.2.4 Decisiones derivadas del control.	18
5. EJEMPLOS DE CONTROL ESTADÍSTICO DE LA RESISTENCIA.	18
5.1 EJEMPLO III: Suministro de hormigón sin DCOR y sin dispersión certificada. Caso de control estadístico 3	20
5.1.1 Datos de origen	20
5.1.2 Formación de lotes para el control experimental	20
5.1.3 Resultados del control estadístico de la resistencia. Caso 3	20
5.1.4 Decisiones derivadas del control	21

5.2 EJEMPLO IV: Suministro de hormigón sin DCOR y sin dispersión certificada.	
Casos de control estadístico 3 y 2	23
5.2.1 Datos de origen	23
5.2.2 Formación de lotes para el control experimental	23
5.2.3 Resultados del control estadístico de la resistencia. Caso 3 y caso 2	24
5.2.4 Decisiones derivadas del control.	27
5.3 EJEMPLO V: Suministro sin DCOR y con dispersión certificada. Caso control estadístico 1	27
5.3.1 Datos de origen	27
5.3.2 Formación de lotes para el control experimental	27
5.3.3 Resultados del control estadístico de la resistencia. Caso 1	28
5.4 EJEMPLO VI: Suministro con DCOR. Control de identificación	28
5.4.1 Datos de origen	28
5.4.2 Formación de lotes para el control experimental	29
5.4.3 Resultados del control de identificación de la resistencia.	29
5.4.4 Decisiones derivadas del control	30
6. EJEMPLO DE CONTROL INDIRECTO DE LA RESISTENCIA	30
6.1 EJEMPLO VII: Control indirecto de la resistencia	30
6.1.1 Datos de origen	30
6.1.2 Control experimental	31
6.1.3 Resultados del control indirecto	31
6.1.4 Decisiones derivadas del control.	32
7. EJEMPLOS DE CONTROL DE LA DURABILIDAD DEL HORMIGÓN.	32
7.1 EJEMPLO VIII: Ensayo de penetración de agua	34
7.1.1 Datos de origen	35
7.1.2 Resultados obtenidos	35
7.1.3 Criterio de aceptación.	36
7.1.4 Decisiones derivadas del control	37
7.2 EJEMPLO IX: Ensayo de contenido de aire	37
7.2.1 Datos de origen	37
7.2.2 Resultados obtenidos	37
7.2.3 Criterio de aceptación	38
7.2.4 Decisiones derivadas del control.	38

8. EJEMPLOS DE CONTROL DE PRODUCTOS DE ACERO PARA ARMADURAS PASIVAS . . . 39

8.1 EJEMPLO X: Control de ferralla armada mediante soldadura no resistente, sin DCOR. 40

 8.1.1 Datos de origen 40

 8.1.2 Definición de lotes de control 40

 8.1.3 Ensayos a realizar 41

 8.1.4 Resultados y criterios de aceptación. 43

 8.1.5 Decisiones derivadas del control. 45

8.2 EJEMPLO XI: Control de ferralla armada mediante atado con alambre, sin DCOR.. . . . 45

 8.2.1 Datos de origen 45

 8.2.2 Definición de lotes de control 45

 8.2.3 Ensayos a realizar. 46

8.3 EJEMPLO XII: Control de acero para armaduras pasivas con DCOR,
cuando la ferralla se fabrica en las instalaciones de la obra. 47

8.4 EJEMPLO XIII: Control de acero para armaduras pasivas sin DCOR,
cuando la ferralla se fabrica en las instalaciones propias de la obra. 47

 8.4.1 Datos de origen 47

 8.4.2 Formación de lotes de control 47

 8.4.3 Ensayos a realizar 48

 8.4.4 Criterios de aceptación-rechazo. 49

8.5 EJEMPLO XIV: Control de mallas electrosoldadas sin DCOR.. . . . 49

 8.5.1 Datos de origen 49

 8.5.2. Criterios de aceptación-rechazo. 49

 8.5.3. Resultados obtenidos 50

 8.5.4. Decisiones derivadas 51

8.6 Comprobaciones experimentales que pueden realizarse en obra y equipos necesarios. 51

Autores. 55

Prólogo

El Código Estructural, aprobado por el Real Decreto 470/2021, de 29 de junio, es el reglamento técnico marco para las principales tipologías estructurales en España, las estructuras de hormigón, de acero y mixtas de hormigón y acero, de aplicación obligatoria en estructuras de edificación, desde noviembre de 2021.

Este Código ha dado continuidad a las reglamentaciones anteriores a las que deroga, tanto de hormigón (Instrucción EHE-08) como de acero (Instrucción EAE), adecuándolas a las novedades de carácter técnico y reglamentarias que afectan a su ámbito de aplicación, incluyendo una nueva reglamentación para las estructuras mixtas (de hormigón y acero), y extendiendo su aplicación a toda la vida de la estructura (proyecto, ejecución, gestión de la calidad, mantenimiento y demolición), teniendo en cuenta, siempre, las particularidades de sector de la construcción en nuestro país.

El control de recepción del hormigón y la ferralla, en los que se centra esta monografía, es fundamental para garantizar la seguridad y calidad de las estructuras. Es una tarea que requiere de la colaboración y coordinación de todos los agentes implicados en el proceso constructivo, como la dirección facultativa, el constructor, el suministrador de los materiales y el laboratorio de ensayos, y por lo tanto resulta de gran importancia que los criterios que definan este control sean claros.

Por todo ello, este documento resulta un recurso de gran utilidad al ofrecer ejemplos prácticos que facilitan a los técnicos competentes el correcto uso del Código Estructural, todo ello en aras de conseguir una mejora de la calidad de las estructuras y reducir en la medida de lo posible los problemas que surgen día a día en las obras.

Marta Sánchez de Juan

*Secretaria de la Comisión Permanente del Hormigón
Subdirección General de Normativa y Estudios Técnicos
Secretaría General Técnica del Ministerio de Transportes,
Movilidad y Agenda Urbana*

1. INTRODUCCIÓN Y ALCANCE

En la gestión de calidad de las estructuras de hormigón, las direcciones facultativas se enfrentan a diversos desafíos en el control de recepción del hormigón y la ferralla. A partir de una programación, se obtienen resultados que se someten al correspondiente criterio de conformidad para su aceptación. La metodología y las posibles interpretaciones sobre la aplicación de estos criterios, junto con el desarrollo de ejemplos comentados, hacen de esta monografía una lectura imprescindible para las direcciones facultativas, contratistas y técnicos en general. Es especialmente relevante para los directores de ejecución de obra, quienes encontrarán en ella una valiosa guía para llevar a cabo su labor de manera eficiente y efectiva.

En 2021, la Fundación Musaat publicó la Guía de aplicación del Código Estructural para la gestión de la calidad de los productos y la ejecución de las estructuras de hormigón. Durante jornadas formativas, se identificaron dudas planteadas por los asistentes que requerían un mayor desarrollo y ejemplos prácticos para comprender mejor la Guía. En respuesta a esta necesidad, se ha creado una monografía complementaria con un enfoque eminentemente práctico.

Esta novedosa monografía tiene como objetivo mejorar la programación, el seguimiento y la toma de decisiones relacionadas con el control de la recepción del hormigón y la ferralla. Se ha diseñado cuidadosamente para ser una herramienta práctica y útil, evitando duplicar el contenido existente en la Guía original y actuando como un complemento valioso.

El alcance de esta monografía se limita a la recepción del hormigón y la ferralla en el ámbito de la edificación, en consonancia con el marco establecido por el Código Estructural. No obstante, lo anterior, se incluye un ejemplo de recepción de acero para armaduras pasivas y otro de malla electrosoldada.

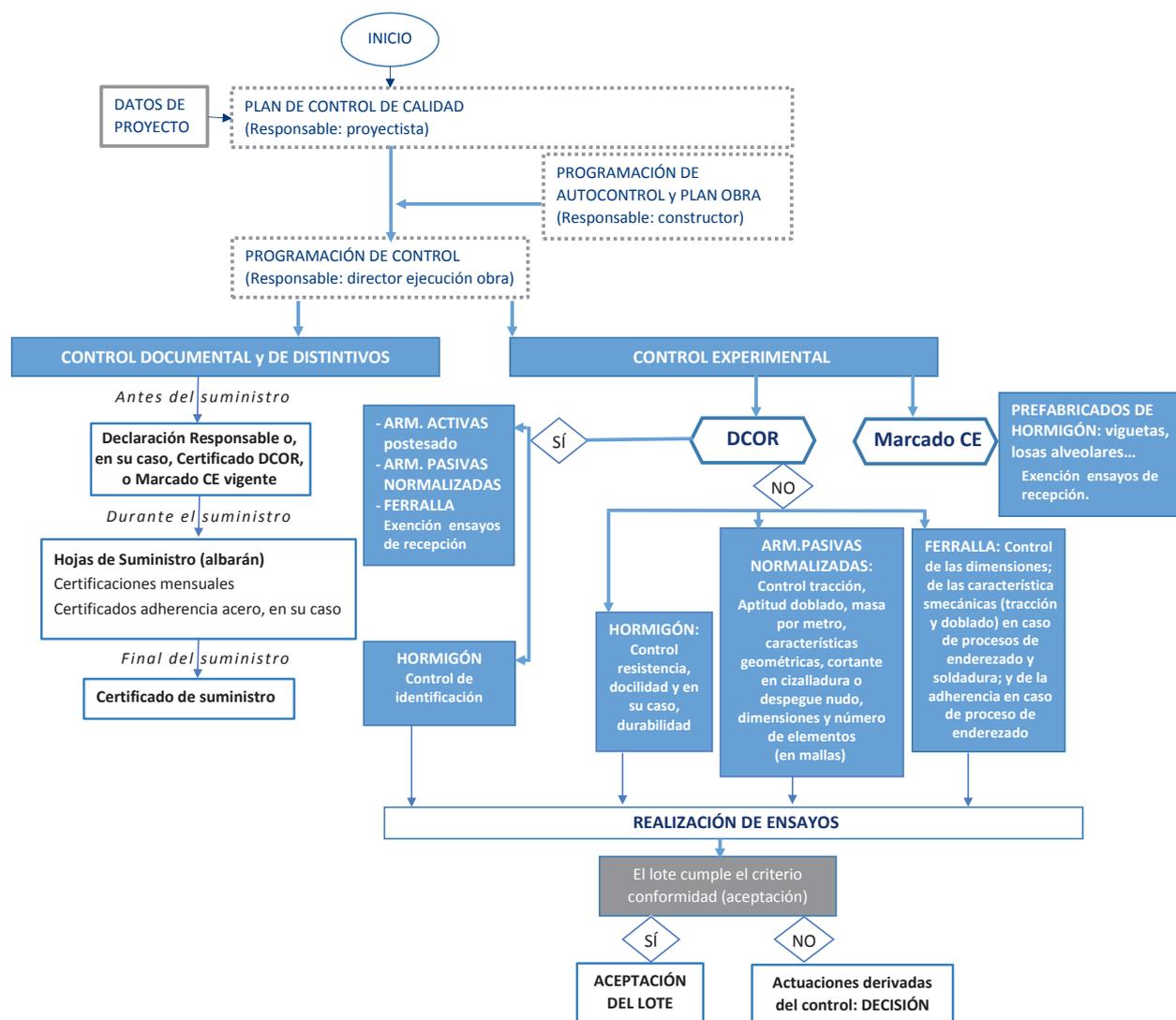


Figura 1.a. Diagrama de control de conformidad de productos de las estructuras de hormigón.

2. CONTROL DOCUMENTAL DE LOS SUMINISTROS

El control de recepción de los productos tiene como objetivo verificar que sus características técnicas cumplen con lo exigido en el proyecto y, en su defecto, con el Código. Este control de recepción consta de un control documental y, si es necesario, un control mediante ensayos.

En el caso del control documental, los proveedores deberán entregar al constructor, quien los transmitirá a la dirección facultativa, cualquier documento de identificación del producto requerido por la normativa aplicable o, si corresponde, por el proyecto o por la propia dirección facultativa.

2.1 Distintivo de calidad oficialmente reconocido (DCOR)

El suministrador entregará copia del certificado vigente del distintivo de calidad oficialmente reconocido (DCOR), conforme a lo establecido en el artículo 18 del Código Estructural, firmado por persona física con capacidad suficiente, donde al menos constará la siguiente información:

- Identificación de la entidad certificadora.
- Logotipo (sello) del distintivo de calidad.
- Identificación del fabricante.
- Alcance del certificado.
- Número de certificado.
- Fecha de expedición del certificado.
- Periodo de vigencia del certificado.

La posesión de un DCOR, a los efectos del control documental, permite reducir la documentación exigida, por considerarse una garantía de la conformidad del producto.

Organismos de certificación con DCOR	
 <p>AENOR internacional</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Marca AENOR N de acero para armaduras activas. • Marca AENOR N para barras corrugadas. • Marca AENOR N para alambres corrugados de acero. • Marca AENOR para armaduras pasivas de acero para hormigón (ferralla). • Marca AENOR N para mallas electrosoldadas de acero para hormigón armado. • Marca AENOR N para hormigón. • Marca AENOR N para instalación de sistemas de postesado.
 <p>ALL WORLD certificación</p>	<ul style="list-style-type: none"> • AW acero para armadura pasiva. • AW acero para armadura activa. • AW armaduras pasivas (ferralla). • AW hormigón.
 <p>LGAI Technological Center (Applus+)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • A+ de hormigón • A+ de acero para armaduras activas. • A+ de acero para armaduras pasivas. • A+ para mallas electrosoldadas de acero para hormigón armado. • A+ de armaduras pasivas (ferralla). • A+ de instalación de sistemas de postesado.

Figura 1.b. Organismos de certificación con DCOR. Fuente: Reconocimiento oficial de distintivos. MITMA. <https://www.mitma.gob.es/organos-colegiados/comision-permanente-del-hormigon/cph/reconocimiento-de-distintivos> (Acceso 20/07/2023).

En España, un DCOR es:

- ✓ una marca o sello de calidad otorgado por una entidad de evaluación de conformidad (entidad de certificación, EC),
- ✓ acreditada por ENAC conforme a la norma UNE EN-ISO/IEC 17065, y
- ✓ reconocida por una Administración Pública, con competencias en materia de construcción, en base al procedimiento que queda recogido en el apartado 18.1 del Capítulo 5 del Código.

La comprobación de los productos con DCOR se puede realizar en la página web del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, a través de su URL (<https://www.mitma.gob.es/organos-colegiados/comision-permanente-del-hormigon/cph/reconocimiento-de-distintivos>). A fecha de publicación de esta monografía, el Ministerio ha reconocido los organismos de certificación siguientes:

- AENOR INTERNACIONAL: <https://www.aenor.com/certificacion/buscador-de-normas-certificadas>
- APPLUS: <https://www.appluslaboratories.com/global/es/about-us/certified-products-directory>
- AW WORLD CERTIFICATION: <https://awcertificacion.com/>

A continuación, se indican los documentos en función del producto y del momento del suministro, indicándose en el encabezamiento de las tablas los apartados del Código que corresponden.

2.2 Control documental del hormigón

Este control se aplica en caso de que se reciba hormigón preparado en la obra, procedente de una instalación industrial ajena a la misma.

(En el caso de cambio de suministrador de hormigón durante la obra, será preceptivo volver a realizar todas las comprobaciones recogidas en la Tabla.)

Producto/ material	PREVIA AL SUMINISTRO (Apartado 57.4.3)	DURANTE EL SUMINISTRO (Apartado 57.5.1)	FINAL DEL SUMINISTRO (Apartado 57.6)
HORMIGÓN	con DCOR	<p>Hoja de suministro (albarán) por cada partida de hormigón suministrada, que incluirá entre otros datos, de acuerdo con el Anejo 4 del Código, la dosificación y designación del hormigón. Incluirá el sello DCOR.</p> <p>En su caso, certificaciones parciales mensuales de suministro.</p>	<p>Certificado de suministro de todos los hormigones suministrados, con indicación de aquellos que disponen de DCOR vigente en el periodo de suministro.</p> <p>El contenido será conforme con lo indicado en el Apartado 57.6 y Anejo 4 del Código</p>
	sin DCOR	<p>Hoja de suministro (albarán) por cada partida de hormigón suministrada, cuyo contenido mínimo se establece en el Anejo 4 del Código.</p> <p>En su caso, certificaciones parciales mensuales de suministro.</p>	<p>Certificado suministro de todos los hormigones suministrados. El contenido será conforme con lo indicado en el Apartado 57.6 y Anejo 4 del Código.</p>
	Criterio de aceptación y decisiones derivadas	<p>Para suministros en los que se haya acordado que el hormigón esté en posesión de un DCOR, no podrá aceptarse el suministro si previamente no se ha aportado el certificado DCOR.</p> <p>Para suministros sin DCOR, no podrá aceptarse el suministro si previamente no se ha aportado la Declaración responsable, de conformidad con el Código, y el certificado de control de producción de conformidad con el RD 163/2019, de 22 de marzo.</p>	<p>Se deberá rechazar el suministro si la Hoja de suministro:</p> <ul style="list-style-type: none"> - no cumple contenido recogido en Anejo 4 del Código, - si los valores reflejados de contenido mínimo de cemento y máxima relación agua/cemento no son conformes con lo especificado en el apartado 43.2.1 del Código y/o - la dosificación recogida no se corresponde a la de la Declaración. <p>Comentario del Código: <i>Puede aceptarse que las desviaciones no son significativas cuando se cumpla simultáneamente que la variación de la cantidad de cemento y de adiciones (si las hubiera) está en el intervalo de 0 a +15 Kg/m³ entre el valor declarado en la Hoja de suministro y el certificado en la Declaración responsable, y que la variación en la relación agua/cemento esté en el intervalo entre 0 y -0.02 entre el valor declarado en la Hoja de suministro y el certificado en la Declaración responsable.</i></p>

2.3 Control documental de las armaduras pasivas normalizadas

Producto/ material	PREVIA AL SUMINISTRO (Apartado 591.3)	DURANTE EL SUMINISTRO (Apartado 591.4.1 y 491.2)	FINAL DEL SUMINISTRO (Apartado 591.5)	
ARMADURAS PASIVAS NORMALIZADAS: - mallas electrosoldadas y - armaduras básicas electrosoldadas en celosía.	con marcado CE	Actualmente no hay, aunque está prevista su implantación a medio plazo.		
	con DCOR (lo habitual)	Hoja de suministro de cada remesa, que incluirá, entre otros datos de acuerdo con el Anejo 4 del Código, la identificación del lugar de suministro (obra) y la del acero utilizado, tipo de las armaduras, así como designación completa del producto conforme al artículo 35 del Código y el sello DCOR.	Certificado suministro de todas las mallas y/o armaduras normalizadas suministradas, firmado por persona física, y el sello DCOR . (Contenido según modelo Anejo 4 Código).	
	sin DCOR	Declaración responsable firmada por suministrador, con referencia a informes/actas de ensayos, con la identificación del laboratorio, que justifican el cumplimiento de las especificaciones del artículo 35 del Código. En el caso de mallas electrosoldadas SD , en estructuras sometidas a fatiga, además incluirá el ensayo de carga cíclica con antigüedad ≤ 1 año.	Hoja de suministro de cada remesa que incluirá, entre otros datos de acuerdo con el Anejo 4 del Código, la identificación del lugar de suministro (obra) y la del acero utilizado, tipo de las armaduras, así como designación completa del producto. (artículo 35 del Código).	Certificado suministro de todas las mallas y/o armaduras normalizadas suministradas, firmado por persona física. (Contenido según modelo Anejo 4 Código).
	Para todos	En su caso, Certificado de homologación de adherencia del acero de armaduras pasivas vigente (< 36 meses) ¹ . ¹ caso de haberse utilizado en proyecto, las longitudes de anclaje y solape recogidos en apartado 495 del Código.	Si un mismo suministrador efectúa varias remesas durante varios meses, Certificados mensuales de suministro con las cantidades realmente suministradas cada mes.	
	Criterio de aceptación y decisiones derivadas	Contenido de la declaración o DCOR, conforme Anejo 4 del Código. La aportación de este documento tiene carácter preceptivo para la aceptación del suministro.	El responsable de recepción debe verificar que la remesa de armaduras o mallas suministradas se corresponde con la identificación del acero, declarada por el fabricante y facilitada por el suministrador, así como con las especificaciones requeridas en proyecto y en su caso, con el certificado de adherencia. Se verificará el correcto número de elementos, tanto longitudinales como transversales de las mallas. Se rechazará la remesa si la Hoja de suministro no cumple: <ul style="list-style-type: none"> - contenido recogido Anejo 4 del Código, - trazabilidad del acero y fabricante declarada, y/o. - con lo especificado en el proyecto. 	La aportación de este documento tiene carácter preceptivo.

2.4 Control documental del acero de las armaduras pasivas

Este control se aplica cuando la ferralla elaborada y/o armada con producto de acero en barra recta se fabrica en la propia obra (si el producto suministrado llega a obra con algún proceso (enderezado, por ejemplo) se aplicará la Tabla del apartado 2.5 de la ferralla).

Producto/ material	PREVIA AL SUMINISTRO (Apartados 58 y 21.1)	DURANTE EL SUMINISTRO (Apartado 59.1.4.1 y 49.1.1)	FINAL DEL SUMINISTRO (Apartado 59.1.5)	
Si se suministra ACERO DE ARMADURAS PASIVAS para fabricar la ferralla en obra	con marcado CE	Actualmente no hay, aunque está prevista su implantación a medio plazo.		
	con DCOR (el caso habitual)	<p>Certificado del Distintivo de calidad oficialmente reconocido (DCOR) del acero utilizado para la fabricación de la ferralla en obra, firmado y vigente.</p>	<p>Hoja de suministro del acero para armaduras pasivas, con sello DCOR, indicando entre otros:</p> <ul style="list-style-type: none"> - designación de los tipos de acero, - cantidades clasificadas por diámetros, - forma de suministro (barra recta), con trazabilidad hasta los fabricantes e incluso coladas, - si precisa de procedimientos especiales para el proceso de soldadura, adicionales o alternativos a los contemplados en el Código, y - si procede de operaciones de enderezados previos al suministro (en caso afirmativo, sería producto ferralla, no acero). 	<p>Certificado de suministro, firmado por persona física, de todos los aceros suministrados, con sello DCOR. (modelo Anejo 4 Código).</p>
	sin DCOR	<p>Declaración responsable firmada por suministrador, con referencia a informes/actas de ensayos, con la identificación del laboratorio, que justifican el cumplimiento de las siguientes especificaciones.</p> <ul style="list-style-type: none"> - mecánicas, - químicas, - geométricas, - de adherencia, - aptitud al doblado y - comportamiento frente a la fatiga. <p>(Artículo 34).</p>	<p>Hoja de suministro del acero para armaduras pasivas, indicando entre otros:</p> <ul style="list-style-type: none"> - designación de los tipos de acero, - cantidades clasificadas por diámetros, - forma de suministro (barra recta), con trazabilidad hasta los fabricantes e incluso coladas, - si precisa de procedimientos especiales para el proceso de soldadura, adicionales o alternativos a los contemplados en el Código, y - si procede de operaciones de enderezados previos al suministro (en caso afirmativo, sería producto ferralla no acero). 	<p>Certificado de suministro, firmado por persona física, de todos los aceros suministrados. (modelo Anejo 4 Código).</p>
	Para todos	<p>En su caso, Certificado de homologación de adherencia del acero de armaduras pasivas vigente (<36 meses)¹.</p> <p>Para los aceros soldables de especial ductilidad (SD), informes de ensayos frente a la fatiga y cargas cíclicas, vigente. (≤1 año) (Artículo 58).</p> <p>¹ caso de haberse utilizado en proyecto, las longitudes de anclaje y solape recogidos en apartado 49.5 del Código (lo habitual en proyecto).</p>	<p>Si un mismo suministrador efectúa varias remesas durante varios meses, Certificados mensuales de suministro con las cantidades realmente suministradas cada mes.</p>	
	Criterio de aceptación y decisiones derivadas	<p>Contenido de la declaración o DCOR, conforme Anejo 4 del Código.</p> <p>La aportación de este documento tiene carácter preceptivo para la aceptación del suministro.</p>	<p>El responsable de recepción deberá verificar que el acero suministrado para la ferralla se corresponde con la identificación y especificaciones requeridas en proyecto y con el certificado de adherencia, en su caso.</p> <p>Se rechaza el suministro de acero si no cumple:</p> <ul style="list-style-type: none"> - contenido recogido Anejo 4 del Código, - trazabilidad del acero y fabricante declarada, y/o - con lo especificado en el proyecto. 	<p>Se aceptará si incluyen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - contenido recogido Anejo 4 del Código y - la totalidad de las remesas suministradas, con cantidades reales de cada tipo, así como su trazabilidad con los albaranes de suministro (hasta los fabricantes), según establece la norma UNE EN 10080. <p>La aportación de este documento tiene carácter preceptivo.</p>

2.5 Control documental de la ferralla

Este control se aplica en caso de que la ferralla elaborada y/o armada se fabrique en instalación ajena a la obra (incluso, si se suministra en obra producto en barra recta procedente de acero enderezado). En caso de ferralla fabricada directamente por el constructor en la obra, se realizará un control equivalente.

(En el caso de cambio de suministrador de ferralla durante la obra, será preceptivo volver a realizar todas las comprobaciones recogidas en esta Tabla).

Producto/material	PREVIA AL SUMINISTRO (Apartado 59.2.3.1)	DURANTE EL SUMINISTRO (Apartado 59.2.4.1 y 49.1.1)	FINAL DEL SUMINISTRO (Apartado 59.2.5 y 49.6)	
FERRALLA ELABORADA Y ARMADA	En todos los casos	<p>Programa de fabricación del elaborador de la ferralla, con identificación de los procesos que va a utilizar (enderezado y/o soldadura) y si el acero que va a utilizar dispone DCOR.</p> <p><i>OBJETO: posibilitar la elaboración del Programa de control, la realización de toma de muestras y las actividades de comprobación.</i></p>		
	con DCOR	<p>Certificado del Distintivo de calidad oficialmente reconocido (DCOR) firmado y vigente de la ferralla. Planillas de despiece (Apartado 49.3.1).</p> <p>En su caso, Certificado de homologación de adherencia del acero que se utilizará para la fabricación de la ferralla (<36 meses)¹.</p> <p>¹ caso de haberse utilizado en proyecto, las longitudes de anclaje y solape recogidos en apartado 49.5 del Código (habitual en proyecto).</p>	<p>Hoja de suministro de la ferralla, con sello DCOR, indicando entre otros datos, de acuerdo con el Anejo 4 del Código:</p> <ul style="list-style-type: none"> - identificación de la colada, designación del acero, cantidades clasificadas por diámetros, tipos de acero, - forma de suministro (barra o rollo), - si procede de operaciones de enderezados previos al suministro, - si precisa de procedimientos especiales para el proceso de soldadura, adicionales o alternativos a los contemplados en el Código, - trazabilidad del fabricante. <p>En su caso, Certificación mensual de suministro, con las cantidades realmente suministradas cada mes.</p>	<p>Certificado de suministro, firmado por persona física y preparado por el suministrador de toda la ferralla, al final de la obra, con sello DCOR.</p> <p>(modelo Anejo 4 Código).</p>
	sin DCOR	<p>Declaración responsable firmada por suministrador, entre otros datos indicando, la identificación de las armaduras pasivas elaboradas y armadas, los procesos de armado de la ferralla elaborada y los diámetros de los procesos de enderezado. (modelo Anejo 4 Código).</p> <p>En su caso, informes o actas de los ensayos indicados en la declaración, así como la declaración del propio laboratorio, del cumplimiento del Código.</p> <p>Planillas de despiece (apartado 49.3.1)</p> <p>En su caso, Certificado de homologación de adherencia del acero que se utilizará para la fabricación de la ferralla elaborada.</p> <p>En su caso, Certificado del Distintivo de calidad oficialmente reconocido (DCOR) firmado y vigente, del acero que se utilizará para la fabricación de la ferralla elaborada.</p> <p>Copia de la documentación relativa al acero para armaduras pasivas según el apartado. 1.1.7 del Anejo del Código.</p> <p>En su caso, ferralla armada con soldadura no resistente: Certificados de cualificación personal que realiza soldaduras.</p>	<p>Hoja de suministro de la ferralla, indicando entre otros datos, de acuerdo con el Anejo 4 del Código:</p> <ul style="list-style-type: none"> - identificación de la colada, designación del acero, cantidades clasificadas por diámetros y tipos de acero, - forma de suministro (barra o rollo), - si procede de operaciones de enderezados previos al suministro, - si precisa de procedimientos especiales para el proceso de soldadura, adicionales o alternativos a los contemplados en el Código, - trazabilidad del fabricante. <p>En su caso, Certificación mensual de suministro, con las cantidades realmente suministradas cada mes.</p> <p>Para las partidas de ferralla elaborada en obra, el constructor debe mantener un registro de fabricación con la misma información que en la Hoja de suministro, para cada partida de elementos fabricados.</p>	<p>Certificado de suministro, firmado por persona física y preparado por el suministrador de toda la ferralla, al final de la obra. (modelo Anejo 4 Código)</p> <p>Para las partidas de ferralla elaborada en obra, el constructor deberá preparar y entregar a la dirección facultativa un certificado equivalente.</p>
	Criterio de aceptación y decisiones derivadas	<p>Contenido de la declaración o DCOR, conforme Anejo 4 del Código.</p> <p>La aportación de este documento tiene carácter preceptivo para la aceptación del suministro.</p>	<p>El responsable de recepción deberá comprobar que el suministro se corresponde con lo declarado y en su caso, con el certificado de adherencia.</p> <p>Se rechaza la ferralla afectada si no cumple:</p> <ul style="list-style-type: none"> - contenido recogido Anejo 4 del Código, - trazabilidad del acero (identificación) y fabricante declarada, y/o. - con las especificaciones del proyecto. 	<p>Se aceptará si es conforme:</p> <ul style="list-style-type: none"> - contenido recogido Anejo 4 del Código y - la totalidad de la ferralla suministrada, con cantidades reales de cada tipo, así como su trazabilidad con los albaranes de suministro (hasta los fabricantes, de acuerdo con la información disponible en la documentación que establece la norma UNE EN 10080). La aportación de este documento tiene carácter preceptivo.

2.6 Control documental de piezas prefabricadas de entrevigado: viguetas y bovedillas

Producto/ material	PREVIA AL SUMINISTRO (Apartados 62.4.1)	DURANTE EL SUMINISTRO (Apartado 62.5.1 y 62.5.2)	FINAL DEL SUMINISTRO (Apartado 62.5.3.5)	
PREFABRICADOS DE HORMIGÓN: PIEZAS DE ENTREVIGADO (Artículo 38)	con marcado CE	<p>Declaración de Prestaciones (DdP): datos geométricos, propiedades de los materiales empleados y en su caso, valores de resistencia y sección transversal, durabilidad, funcionalidad...completas</p> <p>Etiqueta del marcado CE vigente (conforme a la serie de normas UNE EN 15037 y EN-206, caso de viguetas y bovedillas).</p> <p>En su caso, instrucciones e información de seguridad.</p> <p>Planillas de despiece</p> <p>En su caso, documento que acredite la posesión de un distintivo de calidad reconocido de los elementos prefabricados</p> <p>En su caso, certificados de cualificación del personal que realiza la soldadura no resistente de las armaduras pasivas.</p> <p>En su caso, Certificado del Distintivo de calidad oficialmente reconocido (DCOR) firmado y vigente, del acero de las armaduras o de la ferralla armada.</p> <p>En su caso, Certificado de homologación de adherencia del acero de armaduras pasivas¹.</p> <p>En su caso, Certificado de control de producción del hormigón para prefabricados. (Apartado 57.9: <i>el prefabricador podrá indicar coef. parcial seguridad 1,50 para el hormigón</i>).</p> <p>¹ caso de haberse utilizado las longitudes de anclaje y solape recogidos en apartado 49.5 del Código Estructural.</p>	<p>Hoja de suministro (albarán) de cada remesa de elementos prefabricados, que permita conocer el fabricante, el lote y la fecha de fabricación, con marca de identificación o logo en el elemento</p> <p>Documentación del suministrador o, en su caso, por el constructor, conforme con los coeficientes parciales de seguridad de los productos (hormigón y acero) definidos en proyecto. (Apartado 62.1 del Código)</p> <p>En su caso, Certificación mensual de suministro, con las cantidades realmente suministradas cada mes.</p> <p>Para comprobar la conformidad de los productos empleados en el prefabricado (hormigón y acero)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Registros de autocontrol con resultados, según fecha de fabricación, de todas las comprobaciones realizadas, de la instalación de prefabricación, o, - Realización de ensayos sobre muestras tomadas en la propia instalación de prefabricación. 	<p>Certificado de suministro, firmado por persona física al final del suministro.</p> <p>(modelo Anejo 4 Código).</p>
	Criterio de aceptación y decisiones derivadas	<p>Contenido del Mercado CE sea conforme Reglamento (UE) nº 305/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 9 de marzo de 2011.</p>	<p>El responsable de recepción debe verificar que los elementos prefabricados suministrados se corresponden con la identificación declarada por el fabricante y facilitada por el suministrador, así como con las especificaciones requeridas en proyecto.</p> <p>Se rechazará la remesa si la Hoja no cumple:</p> <ul style="list-style-type: none"> - contenido recogido Anejo 4 del Código, - trazabilidad declarada entre los elementos colocados con carácter permanente en la obra y los materiales y productos empleados - correspondencia con lo especificado en el proyecto y en su caso, en el control de producción del hormigón para prefabricados. En particular, para comprobar los <u>coeficientes parciales de seguridad del hormigón y del acero</u> (apartado 62.1). 	<p>Se aceptará si incluye contenido recogido Anejo 4 del Código y la totalidad de los prefabricados de hormigón, con cantidades reales de cada tipo, así como su trazabilidad y fabricantes.</p> <p>La aportación de este documento tiene carácter preceptivo.</p>

3. Control experimental - normativa de ensayo

Para verificar el cumplimiento de las exigencias del Código puede ser necesario, en determinados casos, realizar ensayos sobre algunos productos, según lo establecido en el Código, lo especificado en proyecto u ordenado por la dirección facultativa.

Producto	Característica	Ensayo	Norma de ensayo (según anejo 1 del Código)
Hormigón	Docilidad	Asentamiento.	UNE EN 12350-2:2009
	Resistencia a compresión	Toma de muestra, fabricación, conservación y rotura a compresión de probetas.	UNE EN 12350-1:2009 UNE-EN 12390-2:2009 y UNE-EN 12390-2:2009/1M:2015 UNE-EN 12390-3:2009 y UNE-EN 12390-3:2009/AC:2011
	Durabilidad	Profundidad de penetración de agua bajo presión.	UNE-EN 12390-8:2009 y UNE-EN 12390-8:2009/1M:2011 Apartado 575.7 Código Estructural
		Contenido de aire.	UNE EN 12350-7:2010 Apartado 43.3.2 Código Estructural
Acero para armaduras pasivas	Mecánicas	<ul style="list-style-type: none"> • Ensayo de tracción (con envejecimiento artificial previo). • Ensayo de doblado simple o de doblado-desdoblado. • Determinación masa por metro (m/m). 	UNE EN ISO 15630-1:2011 Anejo 11 Código Estructural
	Adherencia	Determinación geometría superficial de corrugas o grafilas.	
Armaduras pasivas normalizadas: mallas electrosoldadas	Mecánicas	<ul style="list-style-type: none"> • Ensayo de tracción (con envejecimiento artificial previo). • Determinación del cortante en cizalladura o despegue de nudo. • Ensayo de doblado simple o de doblado-desdoblado. • Determinación masa por metro (m/m). 	UNE EN ISO 15630-1:2011 UNE EN ISO 15630-2:2011 UNE EN 10080:2006 Anejo 11 Código Estructural
	Adherencia	Determinación geometría superficial de corrugas o grafilas.	
	Dimensiones	Comprobación de las dimensiones y número de elementos.	
Ferralla	Mecánicas	<ul style="list-style-type: none"> • Ensayo de tracción (con envejecimiento artificial previo). • Ensayo de doblado-desdoblado o doblado simple. 	UNE EN ISO 15630-1:2011 Anejo 11 Código Estructural
	Adherencia	Determinación geometría superficial de corrugas o grafilas.	
	Dimensiones	Comprobación de las dimensiones de las armaduras.	

Tabla 3.a. Control experimental. Relación de normas de ensayo en función del producto y característica a ensayar.

4. Ejemplos de control de la resistencia del hormigón al 100 por 100

Esta modalidad de control se puede aplicar a cualquier estructura, siempre que se adopte antes del inicio del suministro del hormigón.

La conformidad de la resistencia del hormigón se comprueba determinando la misma en todas las amasadas sometidas a control y calculando, a partir de sus resultados, el valor de la resistencia característica real, $f_{c,real}$.

Se presentan dos ejemplos de control experimental con la doble casuística, en función del número N de amasadas que se vayan a controlar:

- sea igual o menor que 20, o
- mayor de 20.

Para un caso u otro, el criterio de aceptación es distinto.

4.1 EJEMPLO I: Control de la resistencia al 100 por 100 con número de amasadas $N \leq 20$

4.1.1 Datos de origen

Ejecución de los pilares de una estructura para la que se han suministrado **18 amasadas** de tipificación HA-35/F/20/XS1.

Se ha adoptado previamente la modalidad de control al 100 por 100.

Se realiza el control documental del suministro de acuerdo con lo indicado en el apartado 2 de esta monografía.

4.1.2 Resultados obtenidos del control de la resistencia

- Tipificación del hormigón suministrado: HA-35/F/20/XS1 ($f_{ck} = 35 \text{ N/mm}^2$)
- Los resultados obtenidos de la resistencia en N/mm^2 se han ordenado de menor a mayor, obteniéndose la siguiente serie de resultados:

f_1	f_2	f_3	f_4	f_5	f_6	f_7	f_8	f_9	f_{10}	f_{11}	f_{12}	f_{13}	f_{14}	f_{15}	f_{16}	f_{17}	f_{18}
35,2	36,1	37,0	38,5	39,2	39,6	39,8	40,0	40,2	40,5	40,6	41,8	42,0	42,2	42,3	42,6	42,8	43,2

4.1.3 Criterio de aceptación, conforme al apartado 57.5.5.2 del Código

Cuando el número N de amasadas que se vayan a controlar sea igual o menor que 20, $f_{c,real}$ será el valor de la resistencia de la amasada más baja encontrada en la serie.

$$f_{c,real} = f_1$$

El criterio de aceptación se define por las siguientes expresiones:

$$f_{c,real} \geq f_{ck} \quad f_1 \geq 0,9 * f_{ck}$$

$$f_{c,real} = f_1 \geq 0,9 * f_{ck}$$

En este caso se aceptaría el suministro, el resultado de f_1 ($35,2 \text{ N/mm}^2$) $\geq 0,9 * f_{ck}$ ($31,5 \text{ N/mm}^2$).

4.1.4 Decisiones derivadas del control

Se ha cumplido el criterio de aceptación, por lo tanto, no son necesarias actuaciones derivadas del control de la resistencia.

4.2 EJEMPLO II: Control de la resistencia al 100 por 100 con número de amasadas $N > 20$

4.2.1 Datos de origen

Ejecución de los pilares y elementos singulares de una estructura de hormigón para la que se han suministrado **48 amasadas** de tipificación HA-35/F/20/XS1.

Se ha adoptado previamente la modalidad de control al 100 por 100.

Se realiza el control documental del suministro de acuerdo con lo indicado en el apartado 2 de esta monografía.

4.2.2 Resultados obtenidos

- Tipificación del hormigón suministrado: HA-35/F/20/XS1 ($f_{ck} = 35 \text{ N/mm}^2$)
- Los resultados obtenidos de la resistencia en N/mm^2 se han ordenado de menor a mayor, obteniéndose la siguiente serie de resultados:

f_1	f_2	f_3	f_4	f_5	f_6	f_7	f_8	f_9	f_{10}	f_{11}	f_{12}	f_{13}	f_{14}	f_{15}	f_{16}	f_{17}	f_{18}
32,0	33,9	35,8	38,5	39,2	39,6	39,8	40,0	40,2	40,5	40,6	40,7	40,7	40,9	41,0	41,3	41,4	41,4
f_{19}	f_{20}	f_{21}	f_{22}	f_{23}	f_{24}	f_{25}	f_{26}	f_{27}	f_{28}	f_{29}	f_{30}	f_{31}	f_{32}	f_{33}	f_{34}	f_{35}	f_{36}
41,4	41,5	41,5	41,7	41,8	42,0	42,2	42,3	42,5	42,6	42,7	42,8	42,8	42,9	43,1	43,3	43,4	43,4
f_{37}	f_{38}	f_{39}	f_{40}	f_{41}	f_{42}	f_{43}	f_{44}	f_{45}	f_{46}	f_{47}	f_{48}						
43,5	43,6	44,0	44,1	44,3	44,6	44,7	45,0	45,2	45,5	45,6	45,8						

4.2.3 Criterio de aceptación conforme al apartado 57.5.5.2 del Código

Cuando el número N de amasadas que se vayan a controlar sea mayor que 20, el valor de $f_{c,real}$ corresponde a la resistencia de la amasada que, una vez ordenadas las N determinaciones de menor a mayor, ocupa el lugar $n = 0,05 * N$ (redondeándose n por exceso).

$$f_{c,real} = f_{0,05N}$$

El criterio de aceptación se define por las siguientes expresiones:

$$f_{c,real} = f_{0,05N} \geq f_{ck}$$

$$f_1 \geq 0,9 * f_{ck}$$

En este caso el valor de n toma el valor: $0,05 * 48 = 2,4$, redondeando por exceso: $n = 3$, por lo tanto, se adopta la resistencia de la posición 3 de los resultados ordenados de menor a mayor

$$f_{c,real} = f_3 = 35,8 \text{ N/mm}^2$$

El suministro se aceptaría porque se da la doble condición de:

$$f_{c,real} = f_3 (35,8 \text{ N/mm}^2) \geq f_{ck} (35,0 \text{ N/mm}^2)$$

$$f_1 (32,0 \text{ N/mm}^2) \geq 0,9 * f_{ck} (31,5 \text{ N/mm}^2)$$

4.2.4 Decisiones derivadas del control

Se ha cumplido el criterio de aceptación, por lo tanto, no son necesarias actuaciones derivadas del control de la resistencia.

5. Ejemplos de control estadístico de la resistencia

Esta modalidad de control es la de aplicación general a todas las obras de hormigón estructural.

Para el control de su resistencia, el hormigón de la obra se dividirá en lotes, previamente al inicio de su suministro, de acuerdo con lo indicado en la tabla 57.5.4.1 del Código.

Todas las amasadas de un lote procederán del mismo suministrador, estarán elaboradas con los mismos materiales componentes y tendrán la misma dosificación nominal. Además, no se mezclarán en un lote hormigones que pertenezcan a filas distintas de la tabla 57.5.4.1 del Código.

La conformidad del lote en relación con la resistencia se comprobará a partir de los valores medios de los resultados obtenidos a 28 días sobre dos probetas tomadas para cada una de las N amasadas controladas de acuerdo con la tabla 575.4.1 del Código.

Tipo de elemento en edificación	Volumen de hormigón	Tiempo de hormigonado	Nº de elementos o dimensión	N ¹ por lote Hormigón sin DCOR	N ¹ por lote Hormigón con DCOR
Cimentaciones con elementos de volumen superior a 200 m ³ .	V. vertido de forma continua	1 semana	- 1 elemento.	N ≥ V/35 N ≥ 3	N ≥ V/105 N ≥ 1
Cimentaciones superficiales con elementos de volumen inferior a 200 m ³ .	100 m ³	1 semana		N ≥ 3	N=1
Vigas, forjados, losas para pavimentos y otros elementos trabajando a flexión.	100 m ³	2 semanas	- 1000 m ² de superficie construida. - 2 plantas (**).	N ≥ 3	N=1
Pilares y muros portantes de edificación.	100 m ³	2 semanas	- 500 m ² de superficie construida (*). - 2 plantas (**).	N ≥ 3	N=1
Otros elementos o grupos de elementos que funcionan fundamentalmente a compresión.	100 m ³	2 semanas	- 500 m ² de superficie construida. - 2 plantas.	N ≥ 3	N=1

(1) N, número de amasadas a controlar por cada lote.

(*) En el caso de que el número de amasadas necesarias para ejecutar los pilares de un lote sea igual o inferior a tres, el límite de 500 m² se podrá elevar a 1000 m².

(**) En el caso de que un lote esté constituido por elementos de dos plantas, se deberán tener resultados de ambas plantas.

Tabla 5.a. Tamaño máximo de los lotes de control y número de amasadas a controlar por lote N (Tabla 575.4.1 del Código).

Los criterios de aceptación y rechazo del control estadístico de la resistencia del hormigón se definen en los apartados 575.4.2 y 575.4.3 del Código:

Hormigón con DCOR	$x_i \geq f_{ck}$ x_i Resistencia a la compresión obtenida para cada una de las amasadas		
Hormigón sin DCOR	Caso de control estadístico	Criterio de aceptación	Observaciones
	1	$f(\bar{x}) = \bar{x}(1 - 1.66\delta^*) \geq f_{ck}$	Hormigones con la dispersión certificada dentro del alcance de certificación de un distintivo de calidad oficialmente reconocido.
	2	$f(\bar{x}) = \bar{x} - 1.66s_{35}^* \geq f_{ck}$	Se han controlado más de 36 amasadas.
	3	$f(x_1) = x_1 K_n \geq f_{ck}$	Hasta la 36ª amasada.

Siendo:

$f(\bar{x}); f(x_1)$ Funciones de aceptación.

\bar{x} Valor medio de los resultados obtenidos en las N amasadas ensayadas por lote de obra.

x_1 Valor mínimo de los resultados obtenidos en las últimas N amasadas controladas del lote.

f_{ck} Valor de la resistencia característica especificada en el proyecto.

s_{35}^* Valor de la desviación típica muestral, correspondiente a las últimas 35 amasadas.

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

δ^* Coeficiente de variación certificado.

K_n

Coeficiente	Número de amasadas controladas (N)								
	3	4	5	6	7	8	9	10	>10
K_n	0,89	0,91	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	1

5.1 EJEMPLO III: Suministro de hormigón sin DCOR y sin dispersión certificada. Caso de control estadístico 3

5.1.1 Datos de origen

Suministro de hormigón de tipificación **HA-30/B/20/XC2** para la ejecución de una losa de cimentación de 576 m³.

Se realiza el control documental del suministro de acuerdo con lo indicado en el apartado 2 de esta monografía.

Se han suministrado 72 amasadas a lo largo de cinco jornadas, en la siguiente relación se indican las amasadas y volúmenes vertidos por jornada y el nº de amasadas controladas.

Jornada y fecha suministro	Número de amasadas suministradas*	Volumen V de hormigón vertido de forma continua, m ³
1 17/04/2023	13	104
2 18/04/2023	15	120
3 19/04/2023	12	96
4 20/04/2023	10 + 6**	80
		48
5 21/04/2023	16	128

(*) Amasadas de 8 m³.

(**) Se ha producido una interrupción en el suministro que ha dado lugar a que se forme una junta fría.

5.1.2 Formación de lotes para el control experimental

Para la formación de lotes en esta losa de cimentación se ha aplicado el criterio de la Tabla 57.5.4.1 del Código, donde se establece el tamaño máximo de los lotes de control para cimentaciones con elementos de volumen superior a 200 m³ y vertido de forma continua. Según este criterio, se forman 6 lotes de control.

Jornada	Número de amasadas suministradas	Volumen V de hormigón vertido de forma continua, m ³	V/35	Número de amasadas a controlar ⁽¹⁾	Denominación del lote
1	13	104	3,0	3	L-C-1
2	15	120	3,4	4	L-C-2
3	12	96	2,7	3	L-C-3
4	10	80	2,3	3	L-C-4-M
	6	48	1,4	3*	L-C-4-T
5	16	128	3,7	4	L-C-5

(1) Se redondea por exceso.

(*) Número mínimo de amasadas a controlar por lote, 3.

5.1.3 Resultados del control estadístico de la resistencia. Caso 3

En total deben controlarse 20 amasadas, por lo que según el apartado 57.5.4.3 del Código al tratarse de menos de 36 amasadas de la misma tipificación y de la misma central de hormigón corresponde aplicar la función de aceptación:

$$f(x_1) = x_1 K_n \geq f_{ck}$$

$f(x_1)$ Función de aceptación.

x_1 Valor mínimo de los resultados obtenidos en las amasadas controladas del lote.

f_{ck} Valor de la resistencia característica especificada en el proyecto.

K_n Coeficientes que toman los valores reflejados en la Tabla siguiente.

Coeficiente	Número de amasadas controladas (N)								
	3	4	5	6	7	8	9	10	>10
K_n	0,89	0,91	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	1

Ejemplo

Lote	Nº de toma (amasada controlada)	Resultado consistencia mm	Resultado resistencia* f_{28} N/mm ²	Resultado función de aceptación $f(x_1)$ N/mm ²	Resultado del lote
L-C-1	1	70	35,1	$(34,7 * 0,89) = 30,9$	Conforme
	2	60	34,7		
	3	80	34,9		
L-C-2	1	60	36,7	$(33,9 * 0,91) = 30,8$	Conforme
	2	70	35,3		
	3	90	33,9		
	4	80	37,1		
L-C-3	1	70	36,9	$(35,0 * 0,89) = 31,1$	Conforme
	2	80	35,8		
	3	80	35,0		
L-C-4-M	1	70	29,5	$(29,5 * 0,89) = 26,2$	No conforme Ver decisiones en apartado 5.1.4
	2	90	36,1		
	3	90	35,9		
L-C-4-T	1	80	36,2	$(36,2 * 0,89) = 32,2$	Conforme
	2	100	37,1		
	3	80	36,9		
L-C-5	1	70	35,9	$(32,1 * 0,91) = 29,2$	No conforme Ver decisiones en apartado 5.1.4
	2	80	32,1		
	3	70	36,6		
	4	90	36,9		

(*) El resultado que se expresa es el valor medio de las dos o más probetas ensayadas a la edad de 28 días de cada una de las tomas o amasadas controladas.

5.1.4 Decisiones derivadas del control

Para los lotes con resultado no conforme en el control estadístico de la resistencia del hormigón, se estará a lo dispuesto en el apartado 57.7.3.2 del Código (Actuaciones consecuentes a las decisiones derivadas del control de la resistencia), de aplicación gradual y que se reproducen a continuación:

- Para hormigones **que no dispongan de un distintivo de calidad** oficialmente reconocido, se podrá disponer de las **dos probetas no ensayadas** de las amasadas del lote no conforme y hacer una nueva estimación de la resistencia. La dirección facultativa en el caso de ensayar probetas con más de 28 días, valorará el incremento de la resistencia con la edad de la probeta⁽¹⁾.
- Además, la dirección facultativa podrá disponer la realización de **ensayos de información complementaria**, conforme a lo dispuesto en el apartado 57.8, al objeto de comprobar si la resistencia característica del hormigón real de la estructura se corresponde con la especificada en el proyecto. Dichos ensayos serán realizados por un laboratorio acordado por las partes y conforme con el apartado 17.2.2.
- En el caso de que a partir de los ensayos de información se deduzca que la resistencia característica estimada del hormigón de la estructura es inferior a la especificada en el proyecto, por iniciativa propia o a petición de cualquiera de las partes, la dirección facultativa podrá encargar la realización de un **estudio específico de seguridad** de los elementos afectados por el hormigón del lote sometido a aceptación, en el que se compruebe que es admisible el nivel de seguridad que se obtiene con el valor de resistencia del hormigón realmente colocado en la obra estimado a partir de los ensayos de información. El estudio de seguridad lo realizará la propia dirección facultativa u otro técnico habilitado en quien delegue.
- En casos muy específicos y una vez realizado el estudio de seguridad, la dirección facultativa podrá ordenar el **ensayo del comportamiento estructural** del elemento realmente construido, mediante la realización de pruebas de carga, de acuerdo con el apartado 23.2 de este Código.

NOTA (1). - Al respecto en los Comentarios del apartado 57.7.3.2 del Código se indica: "El incremento de la resistencia de probetas de hormigón a partir de los 28 días depende de numerosos factores (tipo de cemento, contenido de cemento, curado, etc.). En caso de ensayar las probetas adicionales a edades superiores a los 28 días, hay que tener en cuenta que la resistencia considerada en el Código es únicamente la correspondiente a 28 días, por lo que la dirección facultativa deberá determinar cuál ha sido esa evolución de la resistencia en esas probetas de hormigón en concreto (a partir de los resultados obtenidos en el resto de amasadas de ese lote), y tenerla en cuenta para la estimación de la resistencia a 28 días del lote."

Actuaciones y decisiones adoptadas por la dirección facultativa en los dos lotes se expresan en la siguiente tabla:

Identificación del lote no conforme del control estadístico	Actuación propuesta	Resultados de la actuación	Decisión adoptada
L-C-4-M	Se realizan ensayos de información complementaria consistentes en la extracción al azar y rotura a compresión de 5 probetas testigo de 100 mm de diámetro.	Las probetas testigo se han ensayado a compresión en estado saturado, ofreciendo los siguientes resultados mayorados un 10%: 38,4 - 36,3 - 35,5 - 37,0 y 37,0 N/mm ² .	A partir de los resultados obtenidos de las probetas testigo, la dirección facultativa acepta el lote.
L-C-5	Utilización de las probetas de reserva de las 4 amasadas del lote.	Las probetas de reserva se han ensayado a los 60 días de edad con los siguientes resultados en N/mm ² : - Amasada 1: 36,6 y 37,0 - Amasada 2: 34,4 y 33,6 - Amasada 3: 37,2, 38,0 - Amasada 4: 37,7 y 38,5	A partir de los resultados obtenidos en las probetas de reserva, la dirección facultativa acepta el lote.

En el lote L-C-4-M se ha optado por la extracción y rotura de 5 testigos. Los testigos se han ensayado en estado saturado por ser procedentes de la losa de cimentación; los valores de tensión de rotura se han mayorado un 10%, teniendo en cuenta lo indicado en los *Comentarios* del apartado 57.8 del Código.

La dirección facultativa considera que, de los resultados obtenidos, puede deducirse una resistencia característica del hormigón real de obra conforme con la especificada en proyecto (30 N/mm²), sin necesidad de realizar un estudio de seguridad.

En el lote L-C-5, el resultado obtenido en el control estadístico, 29,2 N/mm² aun siendo no conforme está cercano al valor de la resistencia de proyecto, $f_{ck} = 30$ N/mm²; en este caso la dirección facultativa, como actuación previa a la realización de ensayos de información complementaria, ordena al laboratorio de control ensayar a 60 días las probetas de reserva de las 4 amasadas del lote.

Resultados de la resistencia de las probetas de reserva a la edad de 60 días en N/mm².

Amasada Controlada	f_{28} N/mm ²	f_{60} N/mm ²	Incremento resistencia, %	f_{28} corregido N/mm ²
1	35,9	36,7	2,23	35,3
2	32,1	35,0	9,03	33,7
3	36,6	37,4	2,18	36,0
4	36,9	37,6	1,90	36,2
Valor medio incremento de la resistencia:			3,83	

Siendo: f_{60} el valor medio de la resistencia de las dos probetas de reserva de cada amasada ensayadas a la edad de 60 días.

Determinando el incremento de la resistencia como: $(f_{60} - f_{28}) / f_{28}$.

Ej. amasada 1: $(36,7 - 35,9) / 35,9 = 0,0223$ (En porcentaje: 2,23%).

Siendo: f_{28} corregido el valor de f_{60} descontado el incremento medio de la resistencia del lote a 60 días.

Ej. amasada 2: f_{28} corregido = $35,0 - 35,0 * 0,0383 = 33,7$ N/mm²

El hecho de que la amasada 2 tenga un incremento de la resistencia mayor que el resto de amasadas del lote, puede ser indicativo de una evolución más lenta en alcanzar la resistencia de madurez.

De otra parte, si se aplica la función de aceptación a los valores obtenidos a 60 días corregidos, es decir, una vez descontado el incremento medio de la resistencia del lote, se obtiene aplicando de nuevo la función de aceptación del criterio estadístico del caso 3 para N=4:

$$f(x_{1(28\text{corregido})}) = 33,7 * 0,91 = 30,7 \text{ N/mm}^2$$

En este caso concreto, la dirección facultativa toma la decisión de aceptar el lote, tomando en consideración que la resistencia estimada del lote a partir de las resistencias a los 60 días, una vez descontado el incremento de la resistencia en el lote, cumple el criterio estadístico que establece el Código Estructural.

5.2 EJEMPLO IV: Suministro de hormigón sin DCOR y sin dispersión certificada. Casos de control estadístico 3 y 2

5.2.1 Datos de origen

Suministro de hormigón de tipificación **HA-30/F/20/XC1** para la ejecución de los siguientes elementos estructurales: forjados, vigas y losas y, de otra parte, pilares in situ.

Se realiza el control documental del suministro de acuerdo con lo indicado en el apartado 2 de esta monografía.

La medición según proyecto es:

Elemento estructural	Superficie, m ²	Volumen, m ³	Nº plantas	Medición total	
				m ²	m ³
Pilar rectangular o cuadrado de hormigón armado HA-30/F/20/XC1 en planta sótano..	750	32	1	750	32
Forjado reticular de hormigón armado con casetón perdido, con 15% de zonas macizas, canto total 30 = 25+5 cm, realizado con hormigón HA-30/F/20/XC1.	750	0,174 m ³ /m ² = 130,5	1	750	130,5
Pilar rectangular o cuadrado de hormigón armado HA-30/F/20/XC1 en planta tipo.	600	22	7	4200	154
Forjado unidireccional realizado con hormigón HA-30/F/20/XC1 con vigas planas y nervios "in situ", de canto 30 = 25+5 cm; intereje 72 cm.	600	0,156 m ³ /m ² = 93,6	7	4200	655,2

5.2.2 Formación de lotes para el control experimental

Para la formación de lotes de estos elementos estructurales se ha aplicado el criterio de la Tabla 575.4.1 del Código, donde se establece el tamaño máximo de los lotes de control correspondiente a pilares y muros portantes en edificación y, de otra parte, forjados, vigas, losas y otros elementos trabajando a flexión.

De acuerdo con la planificación del constructor está previsto ejecutar cada planta en un periodo inferior a las dos semanas.

Cuadro de formación de lotes para la programación del control experimental de la resistencia del hormigón:

Elemento estructural	Medición		Tamaño de lote más exigente	Número de lotes	Denominación de lotes	Nº amasadas a controlar (N ≥ 3)	Caso que aplica	
	m ²	m ³						
Pilares sótano	750	32	1000* m ²	2	L-P-SA	3	3	
					L-P-SB	3		
Forjado 1 (reticular)	750	130,5	100** m ³	2	L-F-1A	3		
					L-F-1B	3		
Pilares pl. 1ª	600	22	1000* m ²	1	L-P-1	3		
Forjado 2	600	936	1000 m ²	1	L-F-2	3		
Pilares pl. 2ª	600	22	1000* m ²	1	L-P-2	3		
Forjado 3	600	936	1000 m ²	1	L-F-3	3		
Pilares pl. 3ª	600	22	1000* m ²	1	L-P-3	3		
Forjado 4	600	936	1000 m ²	1	L-F-4	3		
Pilares pl. 4ª	600	22	1000* m ²	1	L-P-4	3		
Forjado 5	600	936	1000 m ²	1	L-F-5	3		
Pilares pl. 5ª	600	22	1000* m ²	1	L-P-5	3		2
Forjado 6	600	936	1000 m ²	1	L-F-6	3		
Pilares pl. 6ª	600	22	1000* m ²	1	L-P-6	3		
Forjado 7	600	936	1000 m ²	1	L-F-7	3		
Número total de lotes:						16		
Número total de amasadas a controlar:						48		

(*) El número de amasadas necesarias para ejecutar los pilares de la planta tipo es de seis, por lo tanto, el límite de 500 m² se eleva a 1000 m²; en el caso de la planta sótano se necesitan al menos ocho amasadas, por lo tanto, no es necesario elevar el límite a 1000 m², resultando para esta planta dos lotes. (Véase Nota de la Tabla 575.4.1 del Código).

(**) En forjados reticulares en general el límite más exigente es el de m³ y en forjados unidireccionales el límite a aplicar es m².

5.2.3 Resultados del control estadístico de la resistencia. Caso 3 y caso 2

Se controlan 48 amasadas de la misma tipificación y suministradas por la misma central de hormigón.

- A los doce primeros lotes (36 amasadas controladas) se les aplica la función de aceptación correspondiente al **Caso 3**:

$$f(x_1) = x_1 * K_n \geq f_{ck}$$

Coeficiente	Número de amasadas controladas (N)								
	3	4	5	6	7	8	9	10	>10
K_n	0,89	0,91	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	1

- A partir del lote que hace el n° 13 (más de 36 amasadas controladas), es decir en los cuatro lotes siguientes, se aplica la función de aceptación correspondientes al **Caso 2**, conforme al apartado 575.4.3 del Código, corresponde aplicar la función de aceptación:

$$f(\bar{x}) = \bar{x} - 1.66s_{35}^* \geq f_{ck}$$

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

Resultados obtenidos

Lote	Nº de toma	Resultado consistencia, mm	Resultado resistencia*, f ₂₈ , N/mm ²	Resultado función de aceptación caso 1 o 2 N/mm ²	Resultado del lote
L-P-SA	1	100	35,7	(35,0 * 0,89) = 31,1	Conforme
	2	120	36,1		
	3	130	35,0		
L-P-SB	4	120	36,7	(35,8 * 0,89) = 31,9	Conforme
	5	130	35,8		
	6	100	37,0		
L-F-1A	7	120	36,9	(34,0 * 0,89) = 30,3	Conforme
	8	120	36,1		
	9	140	34,0		
L-F-1B	10	150	36,8	(36,8 * 0,89) = 32,7	Conforme
	11	130	37,5		
	12	130	38,1		
L-P-1	13	120	29,4	(29,4 * 0,89) = 26,2	No conforme Ver decisiones en apartado 5.14
	14	110	35,6		
	15	120	34,9		
L-F-2	16	150	37,1	(36,2 * 0,89) = 32,2	Conforme
	17	130	36,3		
	18	120	36,2		
L-P-2	19	100	35,9	(35,2 * 0,89) = 31,3	Conforme
	20	110	37,2		
	21	120	35,2		
L-F-3	22	150	38,1	(35,9 * 0,89) = 31,9	Conforme
	23	140	36,3		
	24	120	35,9		
L-P-3	25	120	35,7	(35,7 * 0,89) = 31,8	Conforme
	26	110	37,1		
	27	120	37,5		
L-F-4	28	130	36,9	(36,9 * 0,89) = 32,8	Conforme
	29	130	38,3		
	30	120	37,9		
L-P-4	31	110	35,1	(35,1 * 0,89) = 31,2	Conforme
	32	130	36,6		
	33	120	35,8		
L-F-5	34	120	38,2	(37,1 * 0,89) = 33,0	Conforme
	35	130	37,1		
	36	120	37,9		
L-P-5	37	110	36,7	((36,7+35,8+37,1)/3)-1,66 * 1,60=33,8**	Conforme
	38	140	35,8		
	39	120	37,1		
		S ₃₅	1,60		
L-F-6	40	130	37,3	((37,3+36,2+35,3)/3)-1,66 * 1,59= 33,7**	Conforme
	41	130	36,2		
	42	120	35,3		
		S ₃₅	1,59		
L-P-6	43	100	33,3	((33,3+33,9+34,4)/3)-1,66 * 1,60 =31,2**	Conforme
	44	110	33,9		
	45	120	34,4		
		S ₃₅	1,60		
L-F-7	46	140	34	((34+37,7+38,2)/3)-1,66 * 1,72 =33,7**	Conforme
	47	110	37,7		
	48	120	38,2		
		S ₃₅	1,72		

(*) El resultado que se expresa es el valor medio de las dos o más probetas ensayadas a la edad de 28 días de cada una de las tomas o amasadas controladas.

(**) Caso2: Determinación de la desviación típica muestral, correspondiente a las últimas 35 amasadas, anteriores al lote que se está comprobando: $f(\bar{x}) = \bar{x} - 1.66s_{35}^* \geq f_{ck}$

Lote L-P-5: $f(36,5) = 36,5 - 1,66 * 1,60 = 33,8 \text{ N/mm}^2$ (para el cálculo de s_{35}^* se han utilizado las amasadas 2 a 36)

Lote L-F-6: $f(36,3) = 36,3 - 1,66 * 1,59 = 33,7 \text{ N/mm}^2$ (para el cálculo de s_{35}^* se han utilizado las amasadas 5 a 39)

Lote L-P-7: $f(33,9) = 33,9 - 1,66 * 1,60 = 31,2 \text{ N/mm}^2$ (para el cálculo de s_{35}^* se han utilizado las amasadas 8 a 42)

Lote L-F-7: $f(36,6) = 36,6 - 1,66 * 1,72 = 33,7 \text{ N/mm}^2$ (para el cálculo de s_{35}^* se han utilizado las amasadas 11 a 45)

La determinación de la desviación típica muestral, correspondiente a las últimas 35 amasadas se puede calcular en una hoja de cálculo de manera sencilla:

Cálculo desviación típica muestral de las últimas 35 amasadas s*35			
LOTE			
L-P-5	L-F-6	L-P-6	L-F-7
36,1	35,8	36,1	37,5
35	37	34	38,1
36,7	36,9	36,8	29,4
35,8	36,1	37,5	35,6
37	34	38,1	34,9
36,9	36,8	29,4	37,1
36,1	37,5	35,6	36,3
34	38,1	34,9	36,2
36,8	29,4	37,1	35,9
37,5	35,6	36,3	37,2
38,1	34,9	36,2	35,2
29,4	37,1	35,9	38,1
35,6	36,3	37,2	36,3
34,9	36,2	35,2	35,9
37,1	35,9	38,1	35,7
36,3	37,2	36,3	37,1
36,2	35,2	35,9	37,5
35,9	38,1	35,7	36,9
37,2	36,3	37,1	38,3
35,2	35,9	37,5	37,9
38,1	35,7	36,9	35,1
36,3	37,1	38,3	36,6
35,9	37,5	37,9	35,8
35,7	36,9	35,1	38,2
37,1	38,3	36,6	37,1
37,5	37,9	35,8	37,9
36,9	35,1	38,2	36,7
38,3	36,6	37,1	35,8
37,9	35,8	37,9	37,1
35,1	38,2	36,7	37,3
36,6	37,1	35,8	36,2
35,8	37,9	37,1	35,3
38,2	36,7	37,3	33,3
37,1	35,8	36,2	33,9
37,9	37,1	35,3	34,4
1,60	1,59	1,60	1,72

5.2.4 Decisiones derivadas del control

Para los lotes con resultado no conforme en el control estadístico de la resistencia del hormigón, se estará a lo dispuesto en el apartado 57.7.3.2 *Actuaciones consecuentes a las decisiones derivadas del control de la resistencia*.

Las actuaciones resumidas, de aplicación gradual, son las mismas que en el Ejemplo I anterior:

- Disponer de las **dos probetas de reserva** no ensayadas de las amasadas del lote no conforme y hacer una nueva estimación de la resistencia. La dirección facultativa valorará el incremento de la resistencia con la edad de la probeta.
- Además, la dirección facultativa podrá disponer la realización de **ensayos de información complementaria**, conforme a lo dispuesto en el apartado 57.8 del Código.
- En el caso de que a partir de los ensayos de información se deduzca que la resistencia característica estimada del hormigón de la estructura es inferior a la especificada en el proyecto, por iniciativa propia o a petición de cualquiera de las partes, la dirección facultativa podrá encargar la realización de un **estudio específico de seguridad** de los elementos afectados por el hormigón del lote.

En este caso para el **lote L-P-1**, al obtenerse un valor significativamente bajo en el control estadístico de la resistencia del hormigón de 26,2 N/mm², la D.F. decide las siguientes actuaciones a realizar por un laboratorio acordado entre promotor, suministrador de hormigón y la dirección facultativa:

- Extracción de 6 probetas testigo de hormigón de 75 mm de diámetro, elegidas al azar entre los diferentes pilares de la planta 1ª.
- Realización de ensayos no destructivos consistentes en:
 - o *Determinación del índice de rebote*, mediante esclerómetro en todos los pilares de la planta 1ª de acuerdo con el procedimiento de ensayo, UNE EN 12504-2.
 - o *Determinación de la velocidad de los impulsos ultrasónicos* en todos los pilares de la planta 1ª de acuerdo con el procedimiento de ensayo, UNE EN 12504-4.
- Realización de una correlación triple entre resistencia a compresión de los testigos, índice de rebote y velocidad de propagación de impulsos ultrasónicos.

NOTA. - En los lotes del elemento estructural pilares, en los que haya que realizar ensayos de información complementaria, se recomienda correlacionar los resultados de las probetas testigo extraídas del hormigón endurecido con métodos no destructivos tales como la determinación del índice de rebote (estudio esclerométrico) y/o la determinación de la velocidad de propagación de ultrasonidos.

5.3 EJEMPLO V: Suministro sin DCOR y con dispersión certificada. Caso control estadístico 1

5.3.1 Datos de origen

Suministro de hormigón de tipificación **HA-30/F/20/XC2 + XA2** para la ejecución del siguiente elemento estructural: **muro de contención**.

Se realiza el control documental del suministro de acuerdo con lo indicado en el apartado 2 de esta monografía.

La medición según proyecto es de **330 m³**.

La central de hormigón dispone de distintivo de calidad oficialmente reconocido (DCOR) para diferentes tipificaciones, pero no para la tipificación solicitada. La central aporta un certificado de dispersión certificada, al tratarse de un suministro de hormigón de fabricación especial, de muy baja producción o producción esporádica (art. 57.5.3 del Código), y por tanto para el control de la conformidad del hormigón a suministrar se va a aplicar el caso 1 del control estadístico de la resistencia del hormigón.

Valor de la dispersión aportado en el certificado: **$\delta = 8,3 \%$** .

5.3.2 Formación de lotes para el control experimental

En este caso en que los **lotes** están constituidos por amasadas de hormigones pertenecientes a **centrales cuya dispersión está certificada, se aumentará su tamaño multiplicando por dos** los valores de la tabla 57.5.4.1.

De acuerdo con la planificación del constructor está previsto ejecutar el muro en un periodo de tiempo inferior a una semana.

Tabla con la programación de lotes:

Elemento estructural	Medición, m ³	Tamaño de lote más exigente	Número de lotes	Denominación de lotes	Nº amasadas a controlar (N ≥ 3)
Muro contención	330	200 m ³	2	L-M-1	3
				L-M-2	3
Número total de lotes: 2					
Número total de amasadas a controlar: 6					

5.3.3 Resultados del control estadístico de la resistencia. Caso 1

Se controlan 6 amasadas de la misma tipificación y suministradas por la misma central de hormigón, en cada lote se aplica la función de aceptación correspondiente al **caso 1**:

$$f(\bar{x}) = \bar{x}(1 - 1.66\delta^*) \geq f_{ck}$$

Lote	Nº de toma	Resultado consistencia, mm	Resultado resistencia*, f ₂₈ , N/mm ²	Valor medio, f ₂₈ , N/mm ²	Resultado función aceptación caso 1 N/mm ²	Resultado del lote
L-M-1	1	120	34,8	35,4	30,5	Conforme
	2	120	35,1			
	3	100	36,3			
L-M-2	1	110	34,8	34,6	30,1	Conforme
	2	130	32,0			
	3	110	37,0			

(*) El resultado que se expresa es el valor medio de las dos o más probetas ensayadas a la edad de 28 días de cada una de las tomas o amasadas controladas.

Cálculo lote L-M-1: $f(35,4) = 35,4 (1 - 1,66 * 0,083) = 30,5 \text{ N/mm}^2$

Cálculo lote L-M-2: $f(34,6) = 34,6 (1 - 1,66 * 0,083) = 30,1 \text{ N/mm}^2$

5.4 EJEMPLO VI: Suministro con DCOR. Control de identificación

5.4.1 Datos de origen

Suministro de hormigón de tipificación **HA-30/F/20/XC1** en posesión de distintivo de calidad oficialmente reconocido en vigor, para la ejecución de los siguientes elementos estructurales: forjados, vigas y losas y, de otra parte, pilares in situ.

Se realiza el control documental del suministro de acuerdo con lo indicado en el apartado 2 de esta monografía.

La medición según proyecto es:

Elemento estructural	Superficie, m ²	Volumen, m ³	Nº plantas	Medición total	
				m ²	m ³
Pilar rectangular o cuadrado de hormigón armado HA-30/F/20/XC1 en planta sótano.	750	32	1	750	32
Forjado reticular de hormigón armado con casetón perdido, con 15% de zonas macizas, canto total 30 = 25+5 cm, realizado con hormigón HA-30/F/20/XC1	750	0,174 m ³ /m ² = 130,5	1	750	130,5
Pilar rectangular o cuadrado de hormigón armado HA-30/F/20/XC1 en planta tipo.	600	22	7	4200	154
Forjado unidireccional realizado con hormigón HA-30/F/20/XC1 con vigas planas y nervios "in situ", de canto 30 = 25+5 cm; intereje 72 cm.	600	0,156 m ³ /m ² = 93,6	7	4200	655,2

5.4.2 Formación de lotes para el control experimental

Para la formación de lotes de estos elementos estructurales se ha aplicado el criterio de la Tabla 575.4.1 del Código, de tamaño máximo de los lotes de control para el caso de hormigón con DCOR, correspondiente a pilares y muros portantes en edificación y, de otra parte, forjados, vigas, losas y otros elementos trabajando a flexión.

De acuerdo con la planificación del constructor, está previsto ejecutar cada planta en un periodo inferior a dos semanas. En la formación de lotes para la programación del control de la resistencia del hormigón, el criterio de formación se multiplica por cinco. En este caso, se ha aplicado el criterio de superficie máxima para determinar el tamaño del lote. Además, es importante tener en cuenta que el número mínimo de lotes será de tres, correspondiendo a cimentación, elementos sometidos a compresión y elementos sometidos a flexión.

En ningún caso, un lote podrá estar formado por amasadas suministradas a la obra durante un período de tiempo superior a seis semanas, si se sobrepasara este límite se dividiría el lote en dos.

Tabla con la programación de lotes:

Elemento estructural	Medición		Tamaño de lote más exigente	Tiempo máximo	Número de lotes	Denominación de lotes	Nº amasadas a controlar (N = 1)
	m ²	m ³					
Pilares sótano	750	32	2500 m ²	6 semanas	1	L-P-S-1	1
Pilares pl. 1ª	600	22					
Forjado 1 (reticular)	750	130,5	500 m ³ *	6 semanas	1	L-F-1-2	1
Forjado 2	600	93,6					
Pilares pl. 2ª	600	22	2500 m ²	6 semanas	1	L-P-2-3-4	1
Pilares pl. 3ª	600	22					
Pilares pl. 4ª	600	22					
Forjado 3	600	93,6	5000 m ²	6 semanas	1	L-F-3-4-5	1
Forjado 4	600	93,6					
Forjado 5	600	93,6					
Pilares pl. 5ª	600	22	2500 m ²	6 semanas	1	L-P-5-6	1
Pilares pl. 6ª	600	22					
Forjado 6	600	93,6	5000 m ²	6 semanas	1	L-F-6-7	1
Forjado 7	600	93,6					
Número total de lotes:					6		
							Número total de amasadas a controlar ar: 6

(*) En forjados reticulares en general el límite más exigente es el de m³ y en forjados unidireccionales el límite a aplicar es m².

5.4.3 Resultados del control de identificación de la resistencia.

Se procederá a la aceptación del lote cuando se cumpla el siguiente criterio: $x_i \geq f_{ck}$

x_i Resistencia a compresión obtenida en las determinaciones de resistencia para cada una de las amasadas.

Tabla con los resultados obtenidos:

Lote	Nº de toma	Resultado consistencia, mm	Resultado resistencia*, f ₂₈ : x ₁ en N/mm ²	Resultado del lote
L-P-S-1	1	120	34,8	Conforme: $x_1 \geq f_{ck}$
L-F-1-2	1	130	35,1	Conforme: $x_1 \geq f_{ck}$
L-P-2-3-4	1	110	36,1	Conforme: $x_1 \geq f_{ck}$
L-F-3-4-5	1	140	29,2	No Conforme: $x_1 < f_{ck}$
L-P-5-6	1	120	33,8	Conforme: $x_1 \geq f_{ck}$
L-F-6-7	1	150	34,9	Conforme: $x_1 \geq f_{ck}$

(*) El resultado que se expresa es el valor medio de las dos o más probetas ensayadas a la edad de 28 días de cada una de las tomas o amasadas controladas.

5.4.4 Decisiones derivadas del control

En el lote con resultado no conforme en el *control de identificación* de la resistencia del hormigón, para la aceptación del lote se aplicarán de forma graduada los siguientes criterios y actuaciones:

- Se comprobará si se cumple el criterio indicado en el apartado 57.7.3.1 del Código:
 - Que: $x_1 \geq 0,9 * f_{ck}$
 - Y, además, tras revisar los resultados de control de producción correspondientes al período más próximo a la fecha de suministro del mismo, se cumpla: $\bar{x} - 1,645 * \sigma \geq 0,90 * f_{ck}$

Donde:

\bar{x}	Valor medio del conjunto de valores que resulta al incorporar el resultado no conforme a los catorce resultados del control de producción que sean temporalmente más próximos al mismo.
σ	Valor de la desviación típica correspondiente a la producción del tipo de hormigón suministrado, en N/mm ² , y certificado en su caso por la entidad de certificación del distintivo de calidad (DCOR).

En este caso el primer criterio se cumple: $x_1 \geq 0,90 * f_{ck}$; 29,2 N/mm² \geq 27,0 N/mm²

Para comprobar el segundo criterio se solicita a la certificadora o, en su caso, a la central los resultados del control de producción correspondientes al período más próximo a la fecha de suministro de la amasada que obtuvo el valor de 29,2 N/mm², así como el valor de la desviación típica σ correspondiente a la producción del tipo de hormigón suministrado.

Datos del control de producción aportados por la certificadora:

- 34,1; 34,9; 35,7; 34,5; 33,9; 34,7; 33,0; 32,3; 33,8; 34,8; 34,1; 34,5; 34,0; 34,2 N/mm²
- Valor de la desviación típica, $\sigma = 2,91$ N/mm².

Comprobación del segundo criterio:

$$\bar{x} - 1,645 * \sigma \geq 0,90 * f_{ck},$$

$$33,8 - 1,645 * 2,91 \geq 0,90 * f_{ck}, \quad 29,0 \text{ N/mm}^2 \geq 27,0 \text{ N/mm}^2$$

Siendo 33,8 N/mm² el valor medio de los 15 resultados del control de producción incluyendo el valor 29,2 N/mm²

Por lo tanto, se acepta el lote L-F-3-4-5.

- En el caso de que no se cumpla el criterio anterior, se aplicará de forma gradual los procedimientos que se detallan en el apartado 57.7.3.2 del Código:
 - La realización de ensayos de información complementaria, conforme a lo dispuesto en el apartado 57.8 del Código.
 - En el caso de que a partir de los ensayos de información se deduzca que la resistencia característica estimada del hormigón de la estructura es inferior a la especificada en el proyecto, por iniciativa propia o a petición de cualquiera de las partes, la dirección facultativa podrá encargar la realización de un estudio específico de seguridad de los elementos afectados por el hormigón del lote.

6. EJEMPLO DE CONTROL INDIRECTO DE LA RESISTENCIA

6.1 EJEMPLO VII: Control indirecto de la resistencia

6.1.1 Datos de origen

Suministro de hormigón de tipificación **HA-25/F/20/XC2** con DCOR para la ejecución de la estructura de hormigón de una vivienda unifamiliar desarrollada en dos plantas.

En proyecto se ha adoptado el **control indirecto de la resistencia**, toda vez que se cumplen las siguientes condiciones, de acuerdo con apartado 57.5.6 del Código:

- elementos de edificios de viviendas de una o dos plantas, con luces inferiores a 6,00 metros,
- que el ambiente en el que está ubicado el elemento sea X0 o XC,

- que en el proyecto se haya adoptado una resistencia de cálculo a compresión f_{cd} no superior a 15 N/mm².

Se realiza el control documental del suministro de acuerdo con lo indicado en el apartado 2 de esta monografía, se comprobará que se mantiene la vigencia del DCOR.

6.1.2 Control experimental

El control experimental consistirá en realizar, al menos, **cuatro (4) determinaciones de la consistencia** a lo largo de **cada jornada de suministro** de hormigón. Para llevar a cabo estos ensayos, será suficiente que se efectúen bajo la supervisión de la dirección facultativa, y se deberán archivar en obra los registros correspondientes. Estos registros deberán incluir tanto los valores obtenidos como las decisiones adoptadas en cada caso.

De acuerdo con la planificación del constructor están previstas las siguientes jornadas de suministro:

Jornada	Elemento estructural	Medición, m ³	Número de amasadas a suministrar	Nº de amasadas a controlar la consistencia
1	Cimentación	24	3	3
2	Cimentación	24	3	3
3	Forjado sanitario	18	3	3
4	Pilares pl. 1ª	4	1	1
5	Forjado 1º	18	3	3
6	Pilares pl. 2ª	4	1	1
7	Forjado cubierta	18	3	3

NOTA. - En este ejemplo no se suministran cuatro o más amasadas por jornada, por este motivo el control de la consistencia alcanza a todas las amasadas a suministrar

6.1.3 Resultados del control indirecto

Los ensayos de la consistencia se realizan por parte del encargado de la obra bajo la supervisión de la dirección facultativa. Se cumplimentará en obra un libro con los resultados de los ensayos, indicando, al menos: el responsable del ensayo, la fecha, el resultado de la consistencia (dos determinaciones y su valor medio por amasada controlada), la identificación de la hoja de suministro y el destino del hormigón suministrado.

Los resultados de la consistencia obtenidos se relacionan en el siguiente cuadro:

Jornada	Fecha	Elemento estructural	Identificación amasada, Nº hoja suministro (albarán)		
			Resultados consistencia, en mm		
1	06/02/2023	Cimentación	2015	2021	2032
			110	120	100
2	07/02/2023	Cimentación	2041	2049	2062
			105	110	120
3	14/02/2023	Forjado sanitario	2178	2187	2193
			130	140	120
4	17/02/2023	Pilares pl. 1ª	2268		
			100		
5	27/02/2023	Forjado 1º	2302	2310	2320
			130	135	140
6	02/03/2023	Pilares pl. 2ª	2391		
			110		
7	09/03/2023	Forjado cubierta	2471	2480	2492
			140	130	130

6.1.4 Decisiones derivadas del control

Se acepta el hormigón suministrado por cumplirse:

- Los valores de la consistencia obtenidos cumplen con el intervalo de tolerancia para la consistencia fluida: 90 a 160 mm.
- Se ha comprobado que se mantiene la vigencia del DCOR y su reconocimiento oficial.

7. EJEMPLOS DE CONTROL DE LA DURABILIDAD DEL HORMIGÓN

El hormigón que se prescriba cumplirá con los **requisitos de durabilidad** referidos a la dosificación del hormigón (**contenido mínimo de cemento y relación agua/cemento máximo**) correspondientes al ambiente del elemento estructural.

Parámetro de dosificación		Máxima relación agua/cemento			Contenido mínimo de cemento (kg/m ³)		
		Masa	Armado	Pretensado	Masa	Armado	Pretensado
Clase de exposición	XC0	0,65	0,65	0,60	200	250	275
	XC1	-	0,60	0,60	-	275	300
	XC2	-	0,60	0,60	-	275	300
	XC3	-	0,55	0,55	-	300	300
	XC4	-	0,55	0,55	-	300	300
	XS1	-	0,50	0,45	-	300	300
	XS2	-	0,50	0,45	-	325	325
	XS3	-	0,45	0,45	-	350	350
	XD1	-	0,50	0,45	-	325	325
	XD2	-	0,50	0,45	-	325	325
	XD3	-	0,50	0,45	-	325	325
	XF1	0,55	0,55	0,45	275	300	300
	XF2	0,50	0,50	0,50	300	325	325
	XF3	0,55	0,55	0,45	275	300	300
	XF4	0,50	0,50	0,50	300	325	325
	XA1	0,50	0,50	0,50	275	325	325
	XA2	0,50	0,50	0,45	300	350	350
	XA3	0,45	0,45	0,45	325	350	350
	XM1	0,50	0,50	0,50	300	325	325
	XM2	0,50	0,50	0,50	300	325	325
	XM3	0,50	0,50	0,50	300	325	325

Tabla 7a. Requisitos de dosificación del hormigón. (Tabla 43.21.a. del Código).

Las especificaciones de relación agua/cemento y contenido de cemento para cada tipo de exposición ambiental son las requeridas para la consecución de un hormigón durable, cuya resistencia característica debería ser coherente con los valores descritos en la siguiente tabla.

Resistencia característica mínima alcanzable* en N/mm ²				
Tipo de hormigón		Masa	Armado	Pretensado
Clase de exposición	XC0	20	25	25
	XC1	-	25	25
	XC2	-	25	25
	XC3	-	30	30
	XC4	-	30	30
	XS1	-	30	30
	XS2	-	30	35
	XS3	-	35	35
	XD1	-	30	35
	XD2	-	30	35
	XD3	-	30	35
	XF1	30	30	30
	XF2	30	30	30
	XF3	30	30	30
	XF4	30	30	30
	XA1	30	30	30
	XA2	30	30	35
	XA3	35	35	35
	XM1	30	30	30
	XM2	30	30	30
XM3	30	30	30	

(*) Resistencia característica mínima alcanzable para un hormigón fabricado con un cemento de categoría resistente 32,5 R con un contenido mínimo de cemento y máxima relación agua/cemento, conforme con los parámetros de dosificación indicados en la Tabla 4.3.2.1.a del Código.

Tabla 7.b. Resistencia característica mínima esperada del hormigón (Tabla 4.3.2.1.b. del Código).

Cuando la resistencia especificada en la tipificación del hormigón sea inferior a la resistencia mínima esperada (Tabla 4.3.2.1.b del Código) asociada a la clase de exposición considerada, prevalecerá esta última en la prescripción del hormigón por ser los condicionantes de durabilidad más restrictivos que los de resistencia.

Se comprobará que cuando el elemento estructural esté expuesto a más de una clase de exposición, a los efectos de aplicar la tabla 4.3.2.1.a del Código, se fija para cada parámetro el criterio más exigente de entre los establecidos para cada clase.

En su caso, **requisitos de durabilidad asociados a la clase de exposición** del elemento estructural:

Clase de exposición ambiental	Requisito
XS, XD, XF, XM o XA	El hormigón cumplirá las especificaciones de profundidad de penetración de agua máxima y mínima, determinada según UNE EN 12390-8.
XF2 y XF4 por hielo/deshielo	El hormigón contendrá un contenido mínimo de aire ocluido del 4,5%, determinado de acuerdo con UNE EN 12350-7.
XA2 y XA3 por presencia de iones sulfato	Se especificará que el cemento deberá poseer la característica adicional de resistencia a los sulfatos.
XA2, XS2 o XS3 por agua de mar	Se especificará un cemento con la característica adicional MR, SR o SRC.
XM1, XM2 o XM3, por erosión	Se especificará que el árido sea de cuarzo o mayoritariamente de naturaleza cuarcítica y, además, el árido grueso deberá tener un coeficiente de los Ángeles, inferior a 30.

Tabla 7.c. Requisitos de durabilidad asociados a la clase de exposición.

En lo relativo a los ensayos que son preceptivos según el Código para determinadas clases de exposición, se indican los siguientes ejemplos.

7.1 EJEMPLO VIII: Ensayo de penetración de agua

En el caso de exposiciones tipo **XA, XS, XD, XF o XM y sin DCOR**, se realizará determinando la **profundidad de penetración de agua** bajo presión en el hormigón, se ensayará según UNE EN 12390-8; para ello, se habrán curado en cámara o balsa a $20 \pm 2^\circ\text{C}$ y humedad relativa $\geq 95\%$ (27 días) tres probetas cilíndricas de 150×300 mm. Y antes de iniciar el ensayo, las probetas curadas se someterán a un periodo de secado previo (3 días) en estufa de tiro forzado a una temperatura de $50 \pm 5^\circ\text{C}$.

La aplicación de agua a presión será durante 72 horas (*han transcurrido 31 días desde que se fabricaron las probetas en obra*). Deberá realizarse al **inicio** del suministro en obra y posteriormente **cada seis meses**.

Criterio de aceptación o rechazo: Se hará referencia a que el ensayo será satisfactorio cuando el resultado cumpla con las condiciones de la Tabla siguiente:

Clase de exposición ambiental	Especificaciones para las profundidades máxima	Especificaciones para las profundidades medias
XS3, XA3 XD1, XD3, XF1 XA2 (solo en el caso de elementos pretensados)	$Z_m = \frac{Z_1 + Z_2 + Z_3}{3} \leq 30 \text{ mm}$ $Z_3 \leq 40 \text{ mm}$	$T_m = \frac{T_1 + T_2 + T_3}{3} \leq 20 \text{ mm}$ $T_3 \leq 27 \text{ mm}$
XS1, XS2, XD1, XD2, XD3, XA1, XM1, XM2, XM3, XF3, XF1, XF2, XF4, XA2 (en el caso de elementos en masa o armados)	$Z_m = \frac{Z_1 + Z_2 + Z_3}{3} \leq 50 \text{ mm}$ $Z_3 \leq 65 \text{ mm}$	$T_m = \frac{T_1 + T_2 + T_3}{3} \leq 30 \text{ mm}$ $T_3 \leq 40 \text{ mm}$
X0, XC1, XC2, XC3, XC4	No requiere esta comprobación	No requiere esta comprobación

Tabla 7.1.a Especificaciones para las profundidades máxima y media en el ensayo de penetración (Tabla 575.7 del Código).

Deben cumplirse simultáneamente las especificaciones para las profundidades media y máxima y los resultados de los ensayos de profundidad de penetración de agua se ordenarán de acuerdo con el siguiente criterio:

- Las profundidades máximas de penetración: $Z_1 \leq Z_2 \leq Z_3$.
- Las profundidades medias de penetración: $T_1 \leq T_2 \leq T_3$.

7.1.1 Datos de origen

Una obra donde tenemos elementos con exposición ambiental XA2 y XS1, la central que va a suministrar el hormigón no dispone de DCOR para los dos hormigones solicitados, por tanto, además de los ensayos de resistencia del hormigón, será preceptivo realizar el ensayo de penetración de agua, de acuerdo con lo indicado en el apartado 575.7 del Código:

Hormigón	Dispone DCOR (Sí/No)	Tiempo ejecución en meses	Contenido mínimo cemento	Relación máxima A/C	Número amasadas a ensayar	Cantidad de la muestra
HA-30/F/20/XA2 (elementos armados)	No	3 meses	350 kg/m ³	0,50	1	3 probetas cilíndricas
HA30/F/20/XS1	No	10 meses	300 kg/m ³	0,50	2	3 probetas cilíndricas por ensayo

En esta obra se programarían tres ensayos de profundidad de penetración, el primero para el hormigón con exposición XA2, al inicio de su suministro, y los otros dos en la exposición XS1, al inicio de su primer suministro y a los 6 meses, dado que la ejecución de la estructura con este tipo de hormigón dura 10 meses.

7.1.2 Resultados obtenidos

Es importante tener en cuenta que para comprobar la permeabilidad del hormigón se requieren 34 días desde la fabricación de las 3 probetas cilíndricas de 150 x 300 mm, pues una vez fabricadas las probetas, son curadas durante 27 días, 72 horas de secado y 72 horas más en el equipo de filtración de agua bajo presión constante.

Por esta razón, se debe solicitar al laboratorio que realice el ensayo en una de las primeras amasadas que se suministren a la obra, y en el caso del segundo ensayo con la tipificación, HA30/F/20/XS1, se programará además su realización a los 6 meses del inicio del suministro del hormigón.

Hormigón	Dispone DCOR (Sí/No)	Tiempo ejecución estructura en meses	Nº de ensayos programados
HA-30/F/20/XA2	No	3 meses	1

Ensayo 1: al inicio del suministro

Probeta cilíndrica nº	Densidad aparente* (g/cm ³)	Profundidad media penetración (mm)	Profundidad máxima penetración (mm)
1	1,17	Z ₁ = 39	T ₁ =53
2	1,17	Z ₂ = 40	T ₂ =55
3	1,18	Z ₃ = 38	T ₃ =48
		Z_{media}= 39	T_{media}=52

(*) Información complementaria

Hormigón	Dispone DCOR (Sí/No)	Tiempo ejecución estructura en meses	Nº de ensayos programados
HA-30/F/20/XS1	No	10 meses	2

Ensayo 1: al inicio del suministro

Probeta cilíndrica nº	Densidad aparente* (g/cm ³)	Profundidad media penetración (mm)	Profundidad máxima penetración (mm)
1	1,17	Z = 16	T ₁ =29
2	1,14	Z ₂ = 13	T ₂ =25
3	1,18	Z ₃ = 12	T ₃ =23
		Z_m= 14	T_m=26

(*) Información complementaria

Ensayo 2: a los 6 meses del suministro

Probeta cilíndrica nº	Densidad aparente* (g/cm ³)	Profundidad media penetración (mm)	Profundidad máxima penetración (mm)
1	1,17	Z ₁ = 10	T ₁ =21
2	1,18	Z ₂ = 6	T ₂ =19
3	1,17	Z ₃ = 5	T ₃ =15
		Z_m= 7	T_m=18

(*) Información complementaria

7.1.3 Criterio de aceptación

Hormigón suministrado tipo HA-30/F/20/XA2 (elementos armados)

Especificaciones para las profundidades máximas	Especificaciones para las profundidades medias
$Z_m = \frac{Z_1 + Z_2 + Z_3}{3} \leq 50 \text{ mm}$ $Z_3 \leq 65 \text{ mm}$	$T_m = \frac{T_1 + T_2 + T_3}{3} \leq 30 \text{ mm}$ $T_3 \leq 40 \text{ mm}$

Aplicando la Tabla 575.7 del Código, para ambiente XA2 en el que deben de cumplir simultáneamente las profundidades medias y máximas, tenemos que:

Comprobación Profundidad Máxima	Comprobación Profundidad Media
Z _m = (39+39+38) / 3 = 39 mm ≤ 50 mm CUMPLE	T _m = (53+55+48) / 3 = 52 mm > 30 mm NO CUMPLE
Z ₃ = 38mm ≤ 65 mm CUMPLE	T ₃ = 48 > 40 mm NO CUMPLE

Hormigón suministrado tipo HA-30/F/20/XS1

En este ambiente las especificaciones de profundidades medias y máximas (véase Tabla 7.1.a de esta monografía Especificaciones para las profundidades máxima y media en el ensayo de penetración (Tabla 575.7 del Código)) son idénticas a la exposición XA2 (elementos armados).

Por tanto, aplicando la Tabla 575.7 del Código, para ambiente XS1 en el que deben de cumplir simultáneamente las profundidades medias y máximas, tenemos que:

Ensayo 1: al inicio del suministro

Comprobación Profundidad Máxima	Comprobación Profundidad Media
Z _m = (16+13+12) / 3 = 14 mm ≤ 50 mm CUMPLE	T _m = (29+25+23) / 3 = 26 mm ≤ 30 mm CUMPLE
Z ₃ = 16mm ≤ 65 mm CUMPLE	T ₃ = 29 ≤ 40 mm CUMPLE

Ensayo 2: a los seis meses del suministro

Comprobación Profundidad Máxima	Comprobación Profundidad Media
Z _m = (10+6+5) / 3 = 7 mm ≤ 50 mm CUMPLE	T _m = (21+19+15) / 3 = 18 mm ≤ 30 mm CUMPLE
Z ₃ = 10mm ≤ 65 mm CUMPLE	T ₃ = 21 ≤ 40 mm CUMPLE

7.1.4 Decisiones derivadas del control

En el caso del hormigón HA-30/F/20/XA2 que no cumple por profundidad media, no se acepta el suministro del lote, porque el hormigón es permeable a la filtración de agua y será necesario proteger superficialmente al hormigón vertido en obra.

El apartado 57.7.3.3 del Código (decisiones derivadas del control de la durabilidad) indica que:

“En el caso de que se detectase que un hormigón colocado en la obra presenta cualquier incumplimiento de las exigencias de durabilidad que contempla este Código, la dirección facultativa valorará la realización de comprobaciones experimentales específicas y, en su caso, la adopción de medidas de protección superficial para compensar los posibles efectos potencialmente desfavorables del incumplimiento.”

7.2 EJEMPLO IX: Ensayo de contenido de aire

Si las exposiciones son **XF2 o XF4 y el hormigón no dispone de DCOR**, habrá que tomar una muestra del hormigón fresco suministrado en una de las primeras tomas que lleguen a la obra, para determinar el **contenido de aire ocluido**, de acuerdo con la UNE EN 12350-7, al **inicio** del suministro y posteriormente **cada seis meses**.

Comentarios

Las exposiciones XF2 y XF4 no son habituales en edificación.

Aunque la necesidad de empleo de sales fundentes es un indicativo de unas condiciones de helada severas, el Código Estructural recomienda valorar la conveniencia de garantizar un contenido mínimo de aire ocluido en elementos con clases de exposición XF1 y XF3, ambientes con riesgo a heladas.

Criterio de aceptación o rechazo: Se hará referencia a que el ensayo será satisfactorio cuando el resultado cumpla con un contenido mínimo de aire ocluido del 4,5 %.

7.2.1 Datos de origen

En una obra donde tenemos elementos con exposición ambiental **XF1** y la central de hormigón no dispone de DCOR para el hormigón solicitado, será preceptivo realizar este ensayo:

Hormigón	Dispone DCOR (Sí/No)	Tiempo ejecución estructura en meses	Contenido mínimo cemento	Relación máxima A/C	Nº de ensayos programados	Muestra
HA-30/F/20/XF1	No	8 meses	300 kg/m ³	0,55	2 (1 al inicio y 1 a los 6 meses)	1 por ensayo

7.2.2 Resultados obtenidos

En la obra, el laboratorio deberá realizar el ensayo en el hormigón suministrado, utilizando ya sea el equipo de manómetro o el equipo de columna de agua. Este ensayo se realizará una vez, dentro del tiempo establecido en la hoja de carga (en torno hora y media) proporcionada por el suministrador del hormigón.

Ensayo 1: al inicio del suministro

Contenido de aire, en %	¿Cumple? ≥ 4,5%
5,7	Sí

Ensayo 2: a los seis meses del suministro

Contenido de aire, en %	¿Cumple? ≥ 4,5%
2,70	No

En el acta, el laboratorio nos indica que los resultados han sido obtenidos utilizando manómetro.

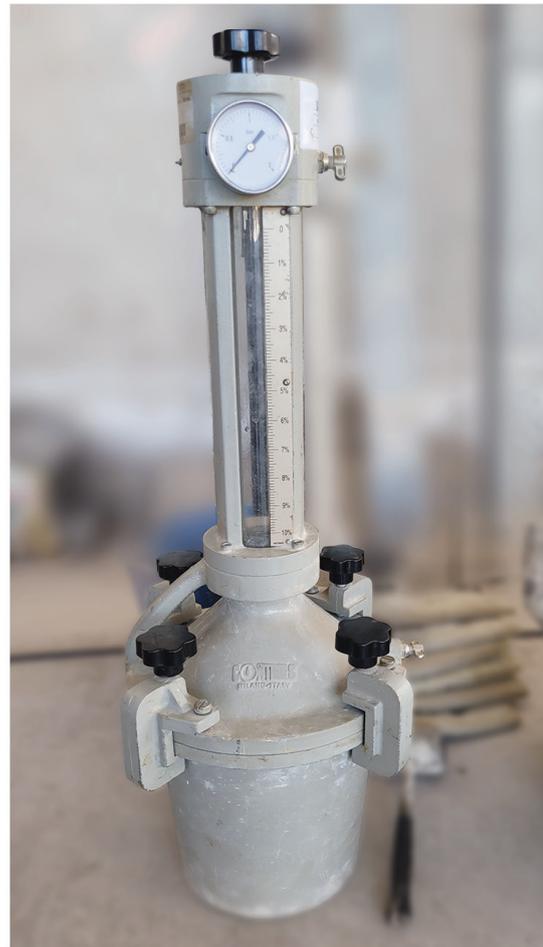


Imagen nº 7.2.2.a. Equipo de manómetro (izquierda) y equipo de columna de agua (derecha) para la realización del ensayo de contenido de aire.

7.2.3 Criterio de aceptación

De conformidad con el apartado 43.3.3 del Código Estructural, el resultado de los ensayos debe cumplir que el contenido de aire es $\geq 4,5\%$, para ser aceptado el suministro.

7.2.4 Decisiones derivadas del control

Se acepta el resultado del ensayo al inicio del suministro, lo que permite verter el hormigón.

El resultado del ensayo, a los seis meses de inicio, no cumple, habría que rechazar la amasada y no verterla en obra.

8. EJEMPLOS DE CONTROL DE PRODUCTOS DE ACERO PARA ARMADURAS PASIVAS

Este apartado hace referencia a los siguientes grupos de productos de acero que recoge el Código Estructural:

- **Acero como materia prima** para fabricar armaduras pasivas.
- **Armaduras pasivas**, que se subdividen en (3) tres tipos de producto:
 - **Ferralla**: procedente de una instalación industrial (taller de ferralla) o fabricada en la propia obra. En el caso de fabricarse en la propia obra, se tendría que aplicar control de recepción al acero para armaduras pasivas, es decir, al clásico acero corrugado.
 - **Armaduras normalizadas**:
 - **Mallas electrosoldadas**, son armaduras pasivas normalizadas, fabricada en instalación industrial.
 - **Armaduras básicas electrosoldadas en celosía**, son armaduras pasivas normalizadas, fabricadas en instalación industrial.

En estos productos de acero, disponer de DCOR conlleva la posibilidad de la exención de comprobaciones de las instalaciones y de la realización de ensayos (de laboratorio y de comprobaciones en la obra), por lo que solo sería necesario realizar las comprobaciones documentales definidas en el apartado 2 de esta monografía.

En el caso de la ferralla, para poder realizar correctamente el control de recepción, la **comunicación** entre el proveedor de ferralla, el constructor y la dirección de ejecución de la obra es fundamental para poder realizar **la programación del control**. Al efecto, antes del inicio del suministro, el elaborador de la ferralla aportará a la dirección facultativa la siguiente documentación, que contiene la información necesaria para poder programar el control de recepción:

- **Programa de fabricación**, con identificación:
 - de los procesos que va a utilizar (enderezado y/o soldadura),
 - si el acero que va a utilizar dispone de DCOR y
 - si el acero que va a utilizar dispone de certificado de homologación de adherencia.
- **Declaración responsable** previa al suministro con la información indicada en el Anejo 4 del Código.

NOTA sobre la toma de muestras

Es muy importante recordar lo siguiente:

- Lo más recomendable es que la toma de muestras de cada lote la realice el laboratorio de control en presencia de la dirección facultativa o de una entidad de control.
- En cada lote, la muestra será representativa formada por un número de probetas suficiente para la realización de los ensayos que correspondan. Se recomienda obtener un número de probetas de reserva para posibles contraensayos. Deberán tomarse muestras de contraste si el suministrador o el constructor así lo requieren.
- No se aceptará en ningún caso, que se tomen muestras de armaduras que no se correspondan con el despiece del proyecto.
- Para la ferralla armada, las muestras se tomarán en la propia instalación donde se fabriquen y directamente del acopio destinado a la obra (solo podrán tomarse las muestras en la propia obra si lo autoriza la dirección facultativa).
- Una vez extraídas las muestras, se procederá al reemplazamiento de las armaduras alteradas por la obtención de muestras.
- En el caso de que se hayan utilizado procesos de enderezado las probetas procederán de barras enderezadas.
- En el caso de que se hayan utilizado procesos de soldadura, las probetas contendrán un punto de soldadura.
- El laboratorio redactará un acta de la toma de muestras que deberá ser suscrita por todas las partes presentes, quedándose con copia de la misma.

Se recuerda que la tabla resumen de clasificación de los diámetros en diferentes series son:

Serie, según art. 58 Código Estructural	Diámetros
Fina	6, 8 y 10 mm
Media	12, 16 y 20 mm
Gruesa	25 y 32 mm
Muy gruesa	≥ 40 mm

A continuación, se proponen ejemplos de control de productos de acero más habituales que se reciben en las obras de edificación.

8.1 EJEMPLO X: Control de ferralla armada mediante soldadura no resistente, sin DCOR.

8.1.1 Datos de origen

Obra: 10 viviendas, locales y garaje.

Tipificación en plano: AP500S.

Diámetros empleados: 8, 10, 12, 16 y 20 mm.

Fabricación: instalación ajena a la obra en instalación industrial de ferralla.

Información necesaria aportada por el proveedor de ferralla:

- Fabricada con acero para armaduras pasivas B500SD con DCOR y certificado de homologación de adherencia.
- Forma de suministro: acero suministrado en rollo con posterior proceso de enderezado para los diámetros 8, 10 y 12 mm, y acero suministrado en barra recta para los diámetros 12, 16 y 20 mm.

Total: 55,58 toneladas.

Resumido en la siguiente tabla:

Ejemplo X: ferralla ARMADA MEDIANTE SOLDADURA NO RESISTENTE, sin DCOR				Forma de suministro
Acero para armaduras pasivas	B500SD	Acero con DCOR y Certificado de homologación de adherencia	Ø8, Ø10, Ø12	En rollo
			Ø12, Ø16, Ø20	En barra recta

Según las mediciones del proyecto, se establecen los siguientes lotes de control:

Elemento	Medición	Cuántía unitaria	Cuántía (t)	Cuántía (t)	Nº de lotes	Denominación lote
Cimentación	139,97 m ³	40 kg/m ³	5,6	11,72	1	Lote 1
Muro sótano	102,05 m ³	60 kg/m ³	6,12			
Estructura de vigas, forjados y pilares plantas 1ª y 2ª	1154,21 m ²	19 kg/m ²	21,93	43,86	2	Lote 2
Estructura de vigas, forjados y pilares plantas 3ª y 4ª	1154,21 m ²	19 kg/m ²	21,93			Lote 3

8.1.2 Definición de lotes de control

Los lotes no deben superar las 25 toneladas de remesas consecutivas recibidas en la obra (según el apartado 59.2.4.2 del Código).

Puesto que en total son 55,58 toneladas en este caso, se establecen 3 lotes siguientes:

- Lote 1: Cimentación y muro sótano.
- Lote 2: Estructura de vigas, forjados y pilares, plantas 1ª y 2ª.
- Lote 3: Estructura de vigas, forjados y pilares, plantas 3ª y 4ª.

LOTE 1: Armaduras de cimentación y muro.

El lote 1 está formado por las armaduras de la cimentación y muro, se recomienda realizar la toma de muestras del acopio del industrial correspondiente a las primeras remesas que envíe a la obra.

LOTE 2: Estructura de vigas, forjados y pilares plantas 1ª y 2ª.

El lote 2 está formado por las armaduras de la estructura de las plantas 1ª y 2ª, la toma de muestra se programará para realizarla en el acopio del industrial de las armaduras elaboradas para la planta 1ª.

LOTE 3: Estructura de vigas, forjados y pilares plantas 3ª y 4ª.

El lote 3 está formado por las armaduras de la estructura de las plantas 3ª y 4ª, la toma de muestra se programará para realizarla en el acopio del industrial de las armaduras elaboradas para la planta 3ª.

8.1.3 Ensayos a realizar

Al estar presente el proceso de enderezado en la ferralla será necesario comprobar:

- La adherencia mediante la medición de la altura de corrugas/profundidad de indentaciones. En proyecto se ha especificado que el acero debe disponer de certificado de características de adherencia, por lo tanto, en este caso, solo será necesario determinar la **altura de corruga**.
- La característica mecánica de tracción. (Este ensayo se combina con el del proceso de soldadura).

Además, la ferralla ha sido armada por el ferrallista utilizando un proceso de soldadura no resistente, por lo tanto, deberán realizarse los ensayos correspondientes a este proceso:

- La característica mecánica de **tracción**. (En este caso se combina con el del proceso de enderezado).
- La característica mecánica de **doblado simple** o doblado-desdoblado.

En todos los lotes, independientemente de los procesos utilizados, se realizarán **verificaciones de las dimensiones de 15 uds. de armaduras**, preferiblemente pertenecientes a diferentes formas y tipologías, a criterio de la dirección facultativa.

Las comprobaciones para realizar en cada unidad serán, como mínimo, las siguientes:

- a) la correspondencia de los diámetros de las armaduras y del tipo de acero con lo indicado en el proyecto y en las hojas de suministro,
- b) la alineación de sus elementos rectos, sus dimensiones y, en su caso, sus diámetros de doblado, comprobándose que no se aprecian desviaciones observables a simple vista en sus tramos rectos y que los diámetros de doblado y las desviaciones geométricas respecto a las formas del despiece del proyecto son conformes con las tolerancias establecidas en el mismo o, en su caso, en el Anejo 14 de este Código.

Además, como en este ejemplo, en la ferralla armada se deberá comprobar también:

- a) la correspondencia del número de elementos de armadura (barras, estribos, etc.) indicado en el proyecto, las planillas y las hojas de suministro, y
- b) la conformidad de las distancias entre barras según artículo 35 del Código.

Comentario

Según el comentario del apartado 59.2.2.3 del Código, en el caso de que este tipo de control lo realice directamente la dirección facultativa deberán quedar registros de dicho control.

Los ensayos que corresponden realizar en **cada lote** del ejemplo se presentan sombreados en verde en la siguiente Tabla:

Ensayos de recepción por lote para la conformidad de la ferralla sin DCOR					
PROCESOS	Sin enderezado		Con enderezado		
	Acero con DCOR	Acero sin DCOR	Acero con DCOR*	Acero sin DCOR	
				Con cert. adherencia	Sin cert. adherencia
Sin soldadura (ferralla elaborada y ferralla armada mediante atado con alambre)	La dirección facultativa podrá eximir los ensayos.		Dos ensayos de tracción en \emptyset preferentemente de las series fina y media.	Cuatro ensayos de tracción en \emptyset preferentemente de las series fina y media.	
			Dos ensayos de altura de corruga por cada \emptyset de las series fina y media.	Dos ensayos de altura de corruga por cada \emptyset de las series fina y media.	Dos ensayos de geometría superficial por cada \emptyset de las series fina y media.
Con soldadura (ferralla armada mediante soldadura no resistente)	Dos ensayos de tracción en \emptyset preferentemente de las series fina y media.	Cuatro ensayos de tracción en \emptyset preferentemente de las series fina y media.	Dos ensayos de tracción en \emptyset preferentemente de las series fina y media.	Cuatro ensayos de tracción en \emptyset preferentemente de las series fina y media.	
			Dos ensayos de altura de corruga por cada \emptyset de las series fina y media.	Dos ensayos de altura de corruga por cada \emptyset de las series fina y media.	Dos ensayos de geometría superficial por cada \emptyset de las series fina y media.
	Dos ensayos de doblado simple o doblado desdoblado en probetas de \emptyset mayores.	Cuatro ensayos de doblado simple o doblado desdoblado en probetas de \emptyset mayores.	Dos ensayos de doblado simple o doblado desdoblado en probetas de \emptyset mayores.	Dos ensayos de altura de corruga por cada \emptyset de las series fina y media.	Dos ensayos de geometría superficial por cada \emptyset de las series fina y media.
En todos los casos	Ensayos de comprobación de las dimensiones de las armaduras en 15 uds. (Correspondencia de diámetros y de tipo de acero; alineación de los elementos rectos; dimensiones; diámetros de doblado; correspondencia del n° de elementos de armadura, distancia entre barras).				

(*) En la mayoría de los casos, el acero corrugado que ostenta un DCOR también dispone de certificado de adherencia, en el caso de que no lo poseyera, se deben determinar todas las características de geometría para el ensayo de adherencia.

De acuerdo con lo expresado en la Tabla anterior, la muestra del ejemplo estará formada por:

Ensayo	N° ensayos	Muestra
Tracción con envejecimiento artificial de las probetas	2 en probetas \emptyset de la serie fina y, en su caso, media.	8 probetas de 1 m de longitud con un punto de soldadura y procedentes de barras enderezadas. (4 para ensayos y 4 para reserva/contraensayos)
Doblado simple	2 en probetas de los \emptyset mayores utilizados.	
Adherencia (altura de corruga)	2 ensayos por \emptyset diferente y procedente de barra enderezada (Ejemplo: 8, 10 y 12 mm).	12 probetas de 1 m de longitud, procedentes de barras enderezadas. (6 para ensayos y 6 para reserva/contraensayos)
Comprobación de las dimensiones de las armaduras	15 uds. de armaduras	15 uds. representativas

NOTA. - Salvo para la determinación de la altura de corruga, en los ensayos de tracción y doblado, no se debe considerar que se realicen en un determinado diámetro, porque podría darse el caso de no encontrar en la ferralla de la obra ese diámetro con un punto de soldadura. Lo mismo para el doblado simple. El concepto es comprobar el proceso y da igual comprobarlo en un diámetro u otro, lo que se debe tener en cuenta es que para la tracción se elijan diámetros menores y para el doblado mayores.

8.1.4 Resultados y criterios de aceptación

Según establece el Código Estructural, todos los resultados individuales han de ser conformes con las especificaciones. A continuación, se indica un ejemplo de cada tipo de ensayo.

- Ensayo de tracción

Característica	Resultado en acta de ensayo	Especificación AP500S	Resultado evaluación
R _m , resistencia a la tracción	573 MPa	≥550 MPa	Conforme
R _{p0,2} , límite elástico	513 MPa	≥500 MPa	Conforme
Relación R _m /R _{p0,2}	1,12	≥1,08	Conforme
Relación R _{p0,2real} /R _{p0,2nominal}	No aplica, por ser AP500S	--	--
A, alargamiento de rotura 5 diámetros	11,5%	≥12%	No conforme
A _g , alargamiento bajo carga máxima	6,3%	≥5,0% (4,5% para acero suministrado en rollo y con posterior enderezado)	Conforme

- Ensayo de doblado simple

Característica	Resultado en acta de ensayo	Especificación AP500S	Resultado evaluación
Aptitud al doblado	Sin grietas a simple vista	Ausencia de grietas a simple vista	Conforme

- Determinación altura de corrugas (características de adherencia): diámetro 10 mm.

Para poder evaluar el resultado, es necesario disponer del certificado de características de adherencia del acero, con una vigencia inferior a 36 meses

Característica	Resultado en acta de ensayo	Especificación AP500S	Resultado evaluación
Altura de corrugas	0,38 mm	≥0,36 mm	Conforme

- Comprobaciones de las dimensiones de las armaduras respecto a los planos de despiece: pilar 14, forjado III, bloque III.

A continuación, se indica el despiece de la unidad elegida para una de las 15 comprobaciones necesarias para cada lote. Siguiendo las recomendaciones del Código Estructural, los estribos con soldadura se han fabricado a partir de acero de diámetro 8 mm, en lugar de 6 mm. Este cambio es habitual y debe estar aprobado por la dirección facultativa antes de comenzar el suministro, puesto que es una modificación del proyecto.

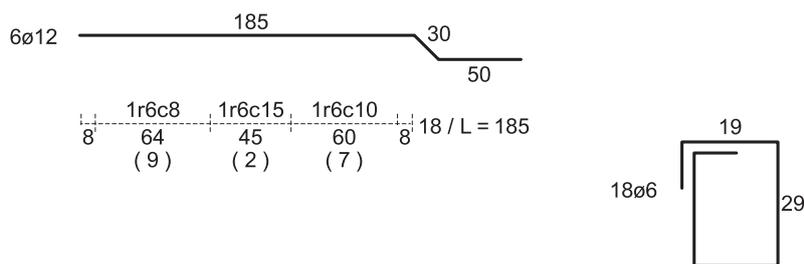


Figura 8.1.4.a Planilla del armado del pilar 14, forjado III, bloque III sobre la que se realiza la comprobación de las dimensiones de las armaduras de la ferralla

Característica	Resultado obtenido	Especificación planos de despiece	Tolerancias anejo 14 Código	Resultado evaluación
Número de elementos longitudinales	6 barras Ø 12 mm	6 barras Ø 12 mm	0	Conforme
Número de estribos	18 estribos Ø 8 mm	18 estribos Ø 8 mm	0	Conforme
Ángulo doblado estribos	90°	90°	± 5°	Conforme
Ángulo doblado barras	121° - 120°	120° - 120°	± 5°	Conforme
Dimensiones barras	185 - 31 - 51 cm	185 - 30 - 50 cm	Para $L \leq 6.000$ mm $\Delta = -20$ mm y $+50$ mm	Conforme
Dimensiones estribos	19 - 29 cm	19 - 29 cm	Para $\varnothing \leq 25$ mm $\Delta L = \pm 16$ mm	Conforme
Distancia entre estribos	Primer tramo: 7 - 8 - 7 - 8 - 8 - 9 - 8 - 7 - 9 cm	Primer tramo: 9 estribos Ø 8 mm cada 8 cm	± 2,92 cm	Conforme

En el caso de la distancia entre estribos, el pilar tiene un ancho de 35 centímetros (incluyendo el recubrimiento de hormigón) que, aplicando $\Delta = \pm b/12$, ofrece una tolerancia en la equidistancia de $\pm 2,92$ cm a los resultados obtenidos, prácticamente 3 cm. Por ejemplo, para el primer tramo de un estribo cada 8 cm, sería aceptable una equidistancia entre 5 y 11 cm. La tolerancia es generosa, por eso es muy importante que se cuenten los elementos y se cumpla el número de estribos definido en el proyecto.

- Comprobaciones ángulos de doblado con plantillas de doblado: pilar 14, forjado III, bloque III

Característica	Resultado obtenido	Especificación planos de despiece	Resultado evaluación
Ángulos de los estribos	Entra la plantilla completamente dentro de la curvatura de doblado del estribo, con holgura	Estribos Ø 8 mm, doblados a 90°, aplicamos plantilla de doblado 40 mm	Conforme

Del mismo modo se comprobarían los ángulos de doblado de las patillas de los pilares y vigas.

NOTA. - En el apartado 8.6 de esta monografía encontrará una ayuda para fabricar las diferentes plantillas para la verificación de los ángulos de doblado.

8.1.5 Decisiones derivadas del control

En el ejemplo, se ha detectado un incumplimiento en el alargamiento de rotura (ensayo de tracción), por lo que deberán obtenerse (2) **dos resultados más** de esta característica sobre las muestras de reserva, si las había, o extrayendo muestras del mismo lote, si es posible. Si los dos resultados obtenidos están por encima de la especificación (*para esta característica sería $\geq 12\%$*), se aceptará en lote; en caso de que se detecte un nuevo incumplimiento, se deberá rechazar el lote completo y reemplazarlo.

8.2 EJEMPLO XI: Control de ferralla armada mediante atado con alambre, sin DCOR.

8.2.1 Datos de origen

Este ejemplo parte de los mismos datos de origen que el ejemplo anterior 8.1, excepto que no se utilizan procesos de soldadura no resistente, es decir, la ferralla se ha armado mediante atado con alambre

Obra: 10 viviendas, locales y garaje.

Tipificación en plano: AP500S.

Diámetros empleados: 8, 10, 12, 16 y 20 mm.

Fabricación: instalación ajena a la obra en instalación industrial de ferralla.

Información necesaria aportada por el proveedor de ferralla:

- Fabricada con acero para armaduras pasivas B500SD con DCOR y certificado de las características de adherencia.
- Forma de suministro: acero suministrado en rollo con posterior proceso de enderezado para los diámetros 8, 10 y 12 mm, y acero suministrado en barra recta para los diámetros 12, 16 y 20 mm.

Total: 55,58 toneladas.

Ejemplo XI: ferralla ARMADA MEDIANTE ATADO CON ALAMBRE, sin DCOR				Forma de suministro
Acero para armaduras pasivas	B500SD	Acero con DCOR y Certificado de homologación de adherencia	Ø8, Ø10, Ø12	En rollo
			Ø12, Ø16, Ø20	En barra recta

8.2.2 Definición de lotes de control

Se forman los mismos lotes que en el Ejemplo anterior:

Elemento	Medición	Cuantía unitaria	Cuantía (t)	Cuantía (t)	Nº de lotes	Denominación lote
Cimentación	139,97 m ³	40 kg/m ³	5,6	11,72	1	Lote 1
Muro sótano	102,05 m ³	60 kg/m ³	6,12			
Estructura de vigas, forjados y pilares plantas 1ª y 2ª	1154,21 m ²	19 kg/m ²	21,93	43,86	2	Lote 2
Estructura de vigas, forjados y pilares plantas 3ª y 4ª	1154,21 m ²	19 kg/m ²	21,93			Lote 3

8.2.3 Ensayos a realizar

Al estar presente el proceso de enderezado en la ferralla será necesario comprobar:

- La adherencia mediante la medición de la altura de corrugas/profundidad de indentaciones. En proyecto se ha especificado que el acero debe disponer de certificado de características de adherencia, por lo tanto, en este caso, solo será necesario determinar la **altura de corruga**.
- La característica mecánica de tracción.

En los tres lotes se realizarán **verificaciones de las dimensiones de 15 uds. de armaduras**, preferiblemente pertenecientes a diferentes formas y tipologías, a criterio de la dirección facultativa.

Los ensayos que corresponden realizar en **cada lote** se presentan sombreados en verde en la siguiente Tabla:

Ensayos de recepción por lote para la conformidad de la ferralla sin DCOR					
PROCESOS	Sin enderezado		Con enderezado		
	Acero con DCOR	Acero sin DCOR	Acero con DCOR*	Acero sin DCOR	
				Con cert. adherencia	Sin cert. adherencia
Sin soldadura (ferralla elaborada y ferralla armada mediante atado con alambre)	La dirección facultativa podrá eximir los ensayos.		Dos ensayos de tracción en \emptyset preferentemente de las series fina y media.	Cuatro ensayos de tracción en \emptyset preferentemente de las series fina y media.	
			Dos ensayos de altura de corruga por cada \emptyset de las series fina y media.	Dos ensayos de altura de corruga por cada \emptyset de las series fina y media.	Dos ensayos de geometría superficial por cada \emptyset de las series fina y media.
Con soldadura (ferralla armada mediante soldadura no resistente)	Dos ensayos de tracción en \emptyset preferentemente de las series fina y media.	Cuatro ensayos de tracción en \emptyset preferentemente de las series fina y media.	Dos ensayos de tracción en \emptyset preferentemente de las series fina y media.	Cuatro ensayos de tracción en \emptyset preferentemente de las series fina y media.	
			Dos ensayos de altura de corruga por cada \emptyset de las series fina y media.	Dos ensayos de altura de corruga por cada \emptyset de las series fina y media.	Dos ensayos de geometría superficial por cada \emptyset de las series fina y media.
	Dos ensayos de doblado simple o doblado desdoblado en probetas de \emptyset mayores.	Cuatro ensayos de doblado simple o doblado desdoblado en probetas de \emptyset mayores.	Dos ensayos de doblado simple o doblado desdoblado en probetas de \emptyset mayores.	Dos ensayos de altura de corruga por cada \emptyset de las series fina y media.	Dos ensayos de geometría superficial por cada \emptyset de las series fina y media.
En todos los casos	Ensayos de comprobación de las dimensiones de las armaduras en 15 uds. (Correspondencia de diámetros y de tipo de acero; alineación de los elementos rectos; dimensiones; diámetros de doblado; correspondencia del nº de elementos de armadura, distancia entre barras).				

(*) En la mayoría de los casos, el acero corrugado que ostenta un DCOR también dispone de certificado de adherencia, en el caso de que no lo poseyera, para el ensayo de adherencia se deben determinar todas las características de geometría.

De acuerdo con lo expresado en el cuadro anterior la muestra del ejemplo estará formada por:

Ensayo	Nº ensayos	Muestra
Tracción con envejecimiento artificial de las probetas	2 en probetas \emptyset de la serie fina y, en su caso, media.	4 probetas de 1 m de longitud y procedentes de barras enderezadas. (2 para ensayos y 2 para reserva/contraensayos)
Adherencia (altura de corruga)	2 ensayos por \emptyset diferente y procedente de barra enderezada (Ejemplo: 8, 10 y 12 mm).	12 probetas de 1 m de longitud, procedentes de barras enderezadas. (6 para ensayos y 6 para reserva/contraensayos)
Comprobación de las dimensiones de las armaduras	15 uds. de armaduras	15 uds. representativas

NOTA. - Salvo para la determinación de la altura de corruga, en los ensayos de tracción y doblado, no se debe considerar que se realicen en un determinado diámetro, porque podría darse el caso de no encontrar en la ferralla de la obra ese diámetro con un punto de soldadura. Lo mismo para el doblado simple. El concepto es comprobar el proceso y da igual comprobarlo en un diámetro u otro, lo que se debe tener en cuenta es que para la tracción se elijan diámetros menores y para el doblado mayores.

A continuación, se presentan **ejemplos del control de acero para armaduras pasivas**, que aplica únicamente cuando se fabrica la ferralla en las instalaciones de la obra, es decir, cuando se recibe en la obra materia prima (acero corrugado/grafilado en barras rectas). Como se comentó en la “Guía de aplicación del Código Estructural para la gestión de la calidad de los productos y de la ejecución de estructuras de hormigón”, normalmente será acero suministrado en barras rectas, ya que en las obras no se dispone de la maquinaria necesaria para el enderezado del acero para armaduras pasivas (hormigón armado) proveniente de rollos.

8.3 EJEMPLO XII: Control de acero para armaduras pasivas con DCOR, cuando la ferralla se fabrica en las instalaciones de la obra.

En este ejemplo, se fabrica ferralla en las instalaciones de la propia obra, a partir de materia prima con DCOR. En este caso, se pueden aplicar las ventajas definidas en el Código Estructural para este DCOR y demostrarse la conformidad del producto recibido en la obra únicamente comprobando la documentación que acompaña a cada remesa según se explica en el apartado de control documental de esta monografía.

8.4 EJEMPLO XIII: Control de acero para armaduras pasivas sin DCOR, cuando la ferralla se fabrica en las instalaciones propias de la obra.

En el caso de fabricarse ferralla a pie de obra a partir de materia prima sin DCOR, es necesario establecer un control experimental del acero para armaduras pasivas, requiriéndose la contratación de un laboratorio para la realización de los ensayos definidos en el Código.

8.4.1 Datos de origen

Obra: 14 adosados en cuatro bloques.

Tipificación en plano: B500SD.

Datos de partida: producto en barra de 12 metros, todos los diámetros (8, 10, 12, 16, 20 y 25 mm).

Total: se reciben 44.571 kg en paquetes en la obra, distribuidos como se indica a continuación por diámetros y por fabricante (A, B y C):

Diámetros (mm)	FINA			MEDIA					GRUESA	Total
	8 A	8 B	10 A	12 A	12 B	16 B	16 C	20 B	25 B	
kg de acero	5.747	3.775	4.996	5.922	9.784	10.656	2.065	1.117	509	44.571

8.4.2 Formación de lotes de control

A continuación, se indica la información necesaria para el cálculo de lotes de control:

- Suministro total es inferior a 300 toneladas, por lo que no será necesario realizar comprobaciones sobre la composición química del acero.
- Cada lote estará definido por tamaño máximo de 30 toneladas, mismo fabricante de acero, marca comercial, tipo de acero, forma de suministro y serie de diámetros, según criterio del artículo 58 del Código.
- Como no es habitual disponer de máquinas enderezadoras en las instalaciones de la obra, todo el producto que llega es suministrado en forma de barras rectas.

NOTA. - Si se encuentra acero recto obtenido a partir del enderezado de rollos, debe considerarse que el producto es **ferralla**, no acero como materia prima, y aplicar los criterios de control correspondientes.

- Todo el acero procede de tres fabricantes (empresas siderúrgicas) con marcas comerciales A, B y C.

Aplicando los criterios, resultarían (6) seis lotes, distribuidos según se indica en la tabla:

Forma de suministro	Fabricante, marca comercial	Serie	Diámetro mm	Cuantía t	LOTE N°
Barra	Fabricante A	Fina	8	5,7	1
			10	5,0	
	Fabricante B	Fina	8	3,8	2
			Fabricante B	Media	
	16	10,7			
	20	11			
	Fabricante A	Media	12	5,9	4
	Fabricante C	Media	16	21	5
Fabricante B	Gruesa	25	0,5	6	

8.4.3 Ensayos a realizar

Si hubiéramos dividido las 44,74 toneladas en lotes de 30 toneladas, habríamos encontrado 2 lotes, pero considerando los fabricantes y series, se obtienen los 6 lotes indicados.

De cada lote, se tomarán dos barras representativas para la realización de los ensayos, según se indica a continuación, dejando constancia en el acta de toma de muestras de la trazabilidad a la colada y, a ser posible, al paquete de acero (lote de fabricación):

LOTE	Diámetro (mm)	Ensayos/barras diferentes
1	8 fabricante A	2 tracción con envejecimiento artificial de las probetas
		2 doblado simple
		2 masa/metro
		2 características geométricas para las corrugas
2	8 fabricante B	2 tracción con envejecimiento artificial de las probetas
		2 doblado simple
		2 masa/metro
		2 características geométricas para las corrugas
3	16 fabricante B	2 tracción con envejecimiento artificial de las probetas
		2 doblado simple
		2 masa/metro
		2 características geométricas para las corrugas
4	12 fabricante A	2 tracción con envejecimiento artificial de las probetas
		2 doblado simple
		2 masa/metro
		2 características geométricas para las corrugas
5	16 fabricante C	2 tracción con envejecimiento artificial de las probetas
		2 doblado simple
		2 masa/metro
		2 características geométricas para las corrugas
6	25 fabricante B	2 tracción con envejecimiento artificial de las probetas
		2 doblado simple
		2 masa/metro
		2 características geométricas para las corrugas

Para la estimación del presupuesto, se resume el número de ensayos que habría que realizar en el laboratorio:

Ensayos	Ensayos/lote	Total de ensayos
Tracción con envejecimiento artificial de las probetas	2	12
Doblado simple	2	12
Masa/metro	2	12
Características geométricas para las corrugas	2	12

8.4.4 Criterios de aceptación-rechazo

Todos los resultados han de ser conformes con las especificaciones para que el lote pueda ser aceptado, en caso contrario, únicamente en el caso de detectarse incumplimiento en un único ensayo, se realizarán (5) **cinco ensayos más** sobre el mismo lote a modo de contraensayos. Todos los resultados obtenidos sobre los contraensayos han de ser satisfactorios, en caso contrario se rechazará todo el lote.

8.5 EJEMPLO XIV: Control de mallas electrosoldadas sin DCOR.

8.5.1 Datos de origen

Obra: 10 viviendas, locales y garaje.

Tipificación en plano: ME 150x150 Ø 6-6 6000x2200 100/100-200/200-400 B500T UNE EN 10080, coloquialmente denominado mallazo 15x15x6.

La malla electrosoldada se ha tenido en cuenta a los efectos de comprobación de los Estados Límites Últimos, por lo tanto, tiene **función estructural** y procede el control experimental

Total: 1,483 toneladas.

Según las mediciones del proyecto:

Elemento	Medición	Cuantía unitaria*	Cuantía	Cuantía (t)	Nº de lotes (cada 30 t)	Denominación lote
Solera 0,15	55112 m ²	2,691 kg/m ²	1483 kg	1,483 t	1	Lote 1

* Tablas del artículo 35 del Código Estructural

Se deben realizar comprobaciones experimentales sobre el único lote. Estas comprobaciones incluyen la comprobación de las características mecánicas, de geometría superficial y la verificación de las dimensiones de las mallas.

8.5.2. Criterios de aceptación-rechazo

Los criterios de aceptación y rechazo se dividen en tres bloques:

- Propiedades mecánicas y de geometría superficial del acero: las indicadas en el apartado 35.2.1 del Código Estructural.
- Despegue de nudo, hay que realizar el cálculo a través de la siguiente fórmula:

$$F_{s,\min} = 0,25 * F_y * A_n = 0,25 * 500 * 28,3 = 3537,5 \text{ N, cualquier resultado de ensayo, debe ser superior.}$$

- Dimensiones del panel o malla, las tolerancias son las indicadas en el apartado 7.3.5.2 de la norma UNE EN 10080:
 - o Longitud y anchura: ± 25 mm o $\pm 0,5\%$, el mayor valor
 - $6000 \text{ mm} * 0,5\% = 30 \text{ mm} > 25 \text{ mm} \rightarrow$ aplicaremos ± 30 mm
 - $2200 \text{ mm} * 0,5\% = 11 \text{ mm} < 25 \text{ mm} \rightarrow$ aplicaremos ± 25 mm
 - o Separación entre elementos: ± 15 mm o $\pm 7,5 \%$, el mayor valor
 - $150 \text{ mm} * 7,5 \% = 11,25 \text{ mm} < 15 \text{ mm} \rightarrow$ aplicaremos ± 15 mm

8.5.3. Resultados obtenidos

A cada malla o panel, se le realizarán las comprobaciones dimensionales que, aplicadas al tipo de malla del ejemplo, serían:

Característica	Resultado obtenido	Especificación según la tipificación en plano	Tolerancia según apartado 7.3.5.2 UNE EN 10080	Resultado evaluación
Número de elementos longitudinales	12	12	0	Conforme
Número de elementos transversales	40	40	0	Conforme
Longitud de elementos longitudinales	5996	6000 mm	± 30 mm	Conforme
Longitud de elementos transversales	2202	2200 mm	± 25 mm	Conforme
Separación entre elementos longitudinales	151	150	± 15 mm	Conforme
Separación entre elementos transversales	150	150	± 15 mm	Conforme

Para la estimación del presupuesto, se resume el número de ensayos que habría que realizar en el laboratorio:

	Ensayos/malla o panel	Ensayos/lote (2 mallas)	Total de ensayos
Tracción con envejecimiento artificial de las probetas	1	2	2
Doblado simple	1	2	2
Masa/metro	1	2	2
Características geométricas para las corrugas/indentaciones	1	2	2
Despegue de nudo/cortante en cizalladura	1	2	2

8.5.4. Decisiones derivadas

Todos los resultados han de ser conformes con las especificaciones para que el lote pueda ser aceptado, en caso contrario, únicamente en el caso de detectarse incumplimiento en un único ensayo, se realizarán (5) **cinco ensayos más** sobre el mismo lote a modo de contraensayos. Todos los resultados obtenidos sobre los contraensayos han de ser satisfactorios, en caso contrario se rechazará todo el lote.

8.6 Comprobaciones experimentales que pueden realizarse en obra y equipos necesarios

Para las comprobaciones experimentales que pueden realizarse directamente en la obra (dimensiones de los elementos de la ferralla y de las armaduras normalizadas), deberá disponerse de los siguientes equipos:

- **Cinta métrica o flexómetro:** de clase II, con resolución como mínimo de 1 mm, comprobación de las dimensiones de los elementos.
- **Plantillas de doblado:** fabricadas con material rígido (por ejemplo, metal) y conforme a Tabla 49.34 del Código. Se podría aplicar la siguiente simplificación:
 - Diámetros hasta 16 mm: 4 Ø (los diámetros más habituales).
 - Diámetros a partir de 20 mm: 7 Ø.

Diámetro de barra a comprobar (mm)	Especificación* Ø mínimo mandril	Diámetro plantilla (mm)
6	4 Ø	30
8		
10		
12		
16	7 Ø	48
20		64
25		140
		175

(*) Los cercos o estribos de diámetro igual o inferior a 12 mm podrán doblarse con diámetros inferiores, el diámetro empleado no deberá ser inferior a 3 veces el diámetro de la barra, ni a 30 mm.

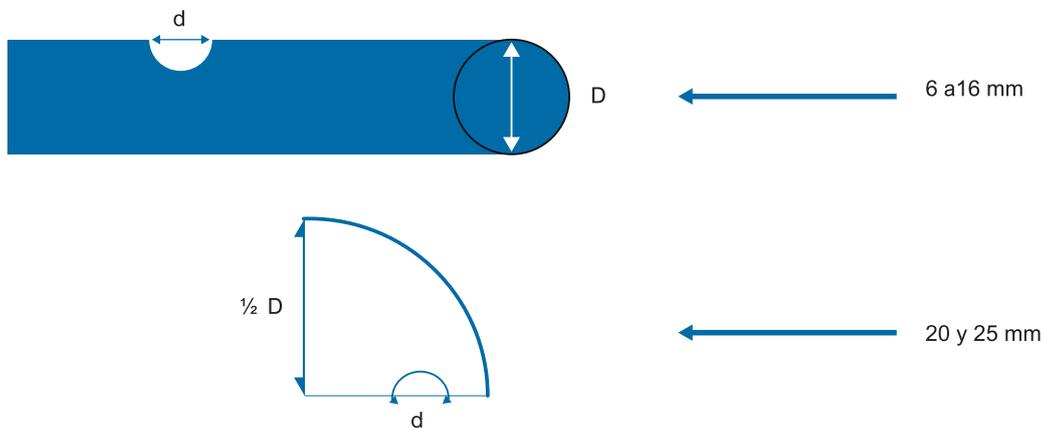


Figura 8.6.a. Esquema de las plantillas de doblado.

En url de material adicional de esta monografía, al que se puede acceder a través del QR de la página 3, se incluye un pdf con las plantillas necesarias para comprobación del ángulo de doblado en ferralla, para que se pueda imprimir y recortar para realizar las comprobaciones en obra.

- **Transportador de ángulos o goniómetro:** con una resolución mínima de 1°.

Se recuerda que, en el caso de que este tipo de control lo realice directamente la dirección facultativa, deberán quedar registros de dicho control.

De las verificaciones de las dimensiones y disposiciones respecto a los planos de despiece, que se recomienda realizar con el producto que se recibe en obra, deberá dejarse registro de los resultados obtenidos para las siguientes comprobaciones en cada unidad (a modo de informe o acta de ensayos). A continuación, se indican las comprobaciones mínimas y su procedimiento:

Comprobación	Procedimiento
Dimensiones conforme a las planillas de despiece (longitudes)	Medida con cinta métrica o flexómetro
Curvatura con plantillas de doblado	Comprobación con plantilla de doblado
Alineaciones geométricas conforme a las planillas de despiece (ángulo de la curvatura de patillas, barras dobladas..)	Medida con transportador de ángulos o goniómetro
Número de elementos (barras, estribos, etcétera)	Comprobación visual respecto a planilla de despiece
Diámetro elementos constituyentes	Comprobación visual respecto a planilla de despiece

Puede descargar el material adicional de esta monografía en :

<https://fundacionmusaat.musaat.es/publicaciones/materias/proceso-edificatorio/5/#104>



Autores

Juan José Palencia Guillén

Jefe Sección Calidad Edificación de la Dirección Gral. de Calidad y Rehabilitación, Generalitat Valenciana.

Ha formado parte del Grupo de Trabajo de Control de Calidad del Código Estructural.

Vocal de las Comisiones Permanentes del Hormigón, Acero y Cemento.

Autor de la "Guía de aplicación del Código Estructural para la gestión de calidad de los productos y la ejecución de las estructuras de hormigón" editada por la Fundación MUSAAT.

Victoria de los Ángeles Viedma Peláez

Arquitecta.

Coordinadora Nacional del Plan de Contrastes Interlaboratorios a nivel Estatal EILA.

Autora de la "Guía de aplicación del Código Estructural para la gestión de calidad de los productos y la ejecución de las estructuras de hormigón" editada por la Fundación MUSAAT.

Julián Pérez Navarro

Arquitecto Técnico. Ingeniero de Edificación. Máster en Edificación

Director de Gabinete Técnico del Colegio Oficial de Aparejadores, Arquitectos Técnicos e Ingenieros de Edificación de la Región de Murcia (COATIEMU).

Profesor del Departamento de Arquitectura y Tecnología de Edificación en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura y Edificación de la Universidad Politécnica de Cartagena.

Autor de la "Guía de aplicación del Código Estructural para la gestión de calidad de los productos y la ejecución de las estructuras de hormigón" editada por la Fundación MUSAAT.

Sonia Rodríguez Valenzuela

Licenciada en Química por la Universidad de Valencia y Máster en Ingeniería del Hormigón por la Universidad Politécnica de Valencia.

Directora de Certificación de Producto en APPLUS.

Ha formado parte de los Grupos de Trabajo de Control y Sostenibilidad del Código Estructural

Autora de la "Guía de aplicación del Código Estructural para la gestión de calidad de los productos y la ejecución de las estructuras de hormigón" editada por la Fundación MUSAAT

FUNDACIÓN musaat

GRUPO
musaat

agradecimiento:



ISBN: 978-84-09-55586-4



9 788409 555864

C. del Jazmín, 66. 28033 Madrid
T. (+34) 913 84 11 27
fundacionmusaat.musaat.es

