



Gestión de la calidad en estructuras de hormigón

FERNANDO RODRÍGUEZ GARCÍA

Vitoria, 2 de febrero de 2022

Jornada organizada por el Laboratorio de Control de Calidad de la Edificación del Gobierno Vasco



- 1 Desde el control a la gestión de la calidad
- 2 Control de los productos
- 3 Control del hormigón
- 4 Control de las armaduras de acero
- 5 Control de la ejecución



Gestión vs Control de calidad

Control de
calidad

Gestión de
calidad



Control: comprobación, inspección, fiscalización sobre el cumplimiento de una **especificación**

- Actividad reactiva
- Consecuencia: aceptación/rechazo



Gestión: conjunto de actividades coordinada para conseguir un **objetivo**

- Actividad proactiva
- Consecuencia: concesión del objetivo
- Incluye el control, pero no es sólo control

Objetivo: la idoneidad de la estructura para su uso durante la totalidad de la vida útil

Requisitos

1. Seguridad y funcionalidad estructural
2. Seguridad en caso de incendio
3. Higiene, salud y medio ambiente

No se incluye como requisito el uso sostenible de recursos naturales. Sólo se recomienda



La sostenibilidad no es una exigencia. Pero puede ser objeto del control

No se incluye como requisito el uso sostenible de recursos naturales. **Sólo se recomienda**

COMENTARIOS AL ARTÍCULO 5º



APARENTE, PERO FALSA
CONTRADICCIÓN



REGLAMENTO (UE) 305/2011

La contribución a la sostenibilidad es un concepto general que incluye aspectos medioambientales, sociales y económicos **no susceptibles de ser exigidos reglamentariamente**. Este código establece en el Capítulo 2, criterios voluntarios para su valoración e implementación.

L 88/34

ES

Diario Oficial de la Unión Europea

4.4.2011

REQUISITOS BÁSICOS DE LAS OBRAS DE CONSTRUCCIÓN

Las obras de construcción, en su totalidad y en sus partes aisladas, deberán ser idóneas para su uso previsto, teniendo especialmente en cuenta la salud y la seguridad de las personas afectadas a lo largo del ciclo de vida de las obras. Sin perjuicio del mantenimiento normal **las obras de construcción deben cumplir estos requisitos básicos** de las obras durante un período de vida económicamente razonable.

7. Utilización sostenible de los recursos naturales

Las obras de construcción deberán proyectarse, construirse y demolerse de tal forma que la utilización de los recursos naturales sea sostenible y garantice en particular:

- la reutilización y la reciclabilidad de las obras de construcción, sus materiales y sus partes tras la demolición;
- la durabilidad de las obras de construcción;
- la utilización de materias primas y materiales secundarios en las obras de construcción que sean compatibles desde el punto de vista medioambiental.



La sostenibilidad no es una exigencia. Pero puede ser objeto del control

La concepción de sostenibilidad del Código es mucho más amplia que la del Reglamento 305/2011

COMENTARIOS AL ARTÍCULO 5º



APARENTE, PERO FALSA
CONTRADICCIÓN



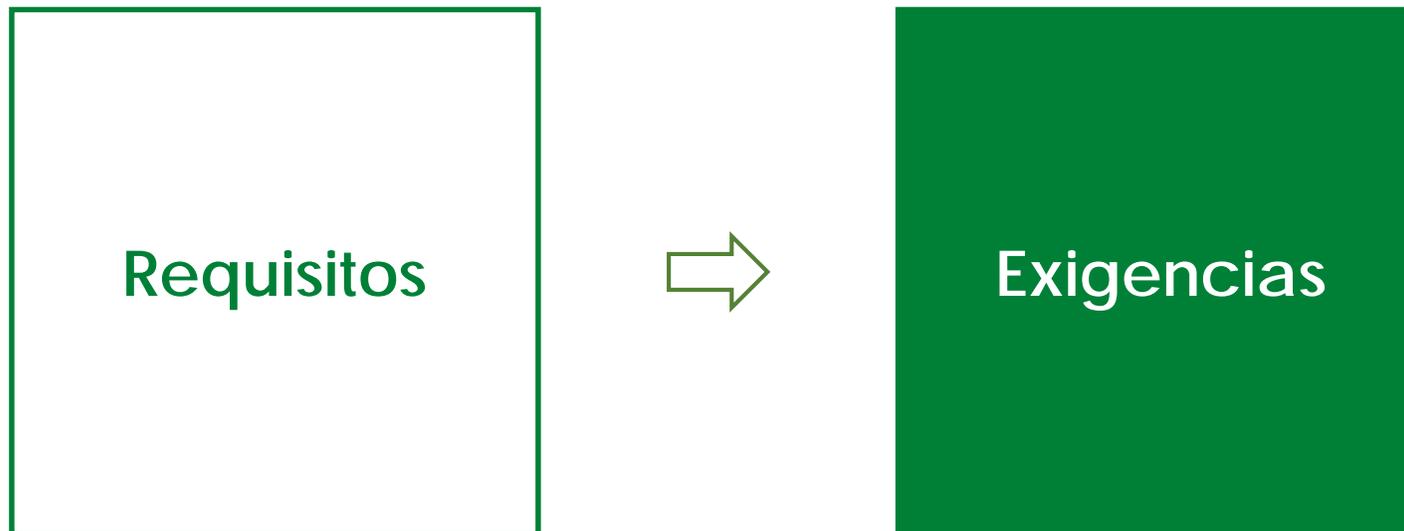
REGLAMENTO (UE) 305/2011

- **Ámbito obligatorio** (Reglamento 315/2011) vs **ámbito voluntario** (Código)
- **Propiedad: decide** si requiere criterios de sostenibilidad y su calificación
- **Autor del proyecto: define** estrategia de sostenibilidad
- **Agentes: garantizan** los datos aportados de la organización y del producto
- **Organismo certificador: emite** Distintivo, en su caso
- **Administraciones Públicas: reconocen** distintivo, en su caso
- **Dirección Facultativa: comprueba** la conformidad de la realidad con el proyecto



Objetivo: la idoneidad de la estructura para su uso durante la totalidad de la vida útil

- La idoneidad de la estructura se concreta en el cumplimiento de las **exigencias**
- Las exigencias deberían ser **cuantificables**



No todas las exigencias están cuantificadas

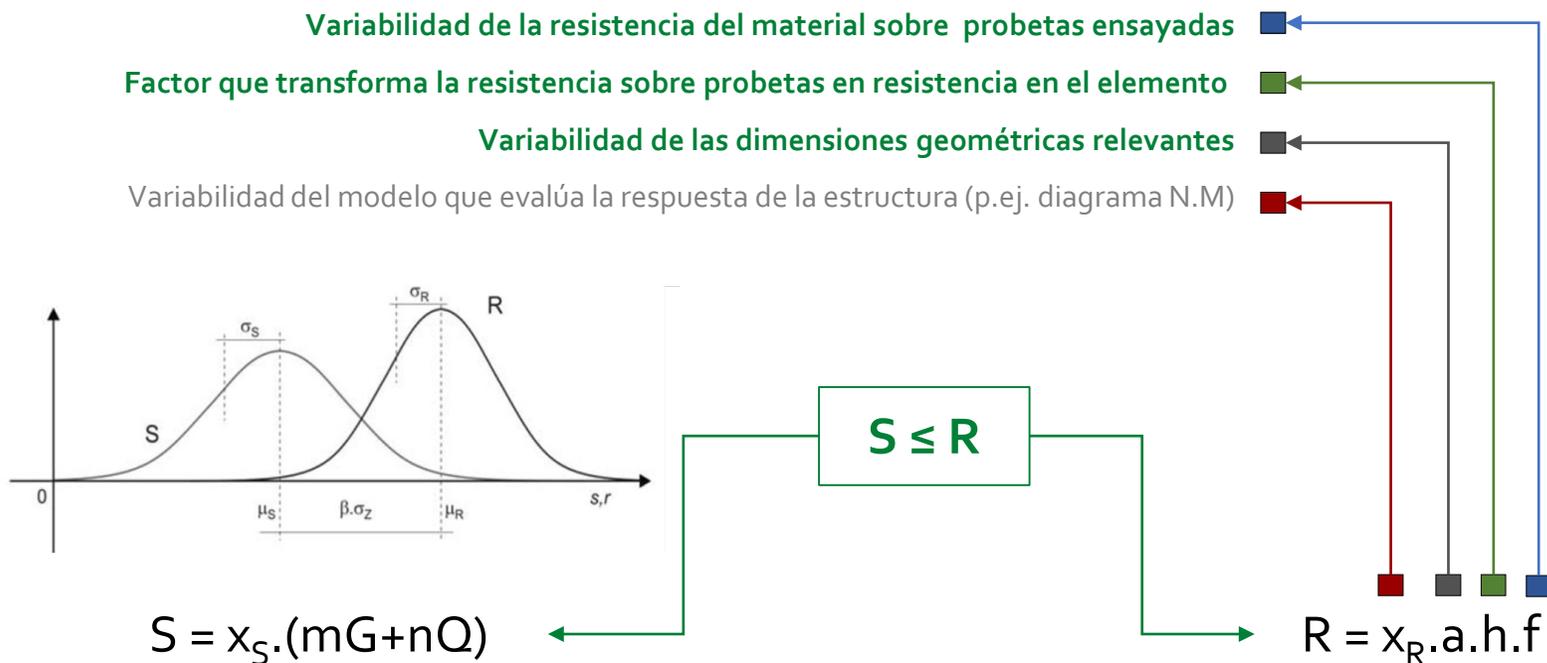
Requisitos	Exigencias	SIEMPRE	CUANTIFICADA	SUFICIENTE
Seguridad y funcionalidad estructural	<ul style="list-style-type: none"> Resistencia y estabilidad Aptitud al servicio Robustez y redundancia Durabilidad 	SIEMPRE	CUANTIFICADA	SUFICIENTE
Seguridad en caso de incendio	<ul style="list-style-type: none"> Resistencia de la estructura frente al fuego 	PROPIEDAD		
Higiene, salud y medio ambiente	<ul style="list-style-type: none"> Calidad medioambiental de la ejecución Reutilización y reciclabilidad 	SIEMPRE	CUANTIFICADA	?
		SIEMPRE	CUANTIFICADA	SUFICIENTE
		PROPIEDAD		?
		PROPIEDAD		?

Solo se puede determinar la **conformidad** de una forma **objetiva** de aquello que está **cuantificado** mediante una **especificación**



El concepto integral de la gestión: los coeficientes de ponderación

Respuesta estructural



Solicitud estructural

- Variabilidad de modelo de cálculo, en relación con el efecto de las acciones (tensiones)
- Variabilidad de las acciones permanentes
- Variabilidad de las acciones variables
- Factor adimensional que transforma la acción en su efecto (tensiones)



Criterios generales para la gestión de la calidad

Objetivo: la idoneidad de la estructura para su uso durante la totalidad de la vida útil

La idoneidad de la estructura se concreta en el **cumplimiento de unas exigencias.**

La **gestión de la calidad** engloban las **actividades para satisfacer aquellas exigencias que dependen de las fases de proyecto y ejecución**

Las **exigencias se concretan** para cada proceso y cada producto **en unas especificaciones** (no sólo resistentes)

El **control de la calidad comprueba la conformidad** respecto a especificaciones



El **proyecto** como referencia de las especificaciones

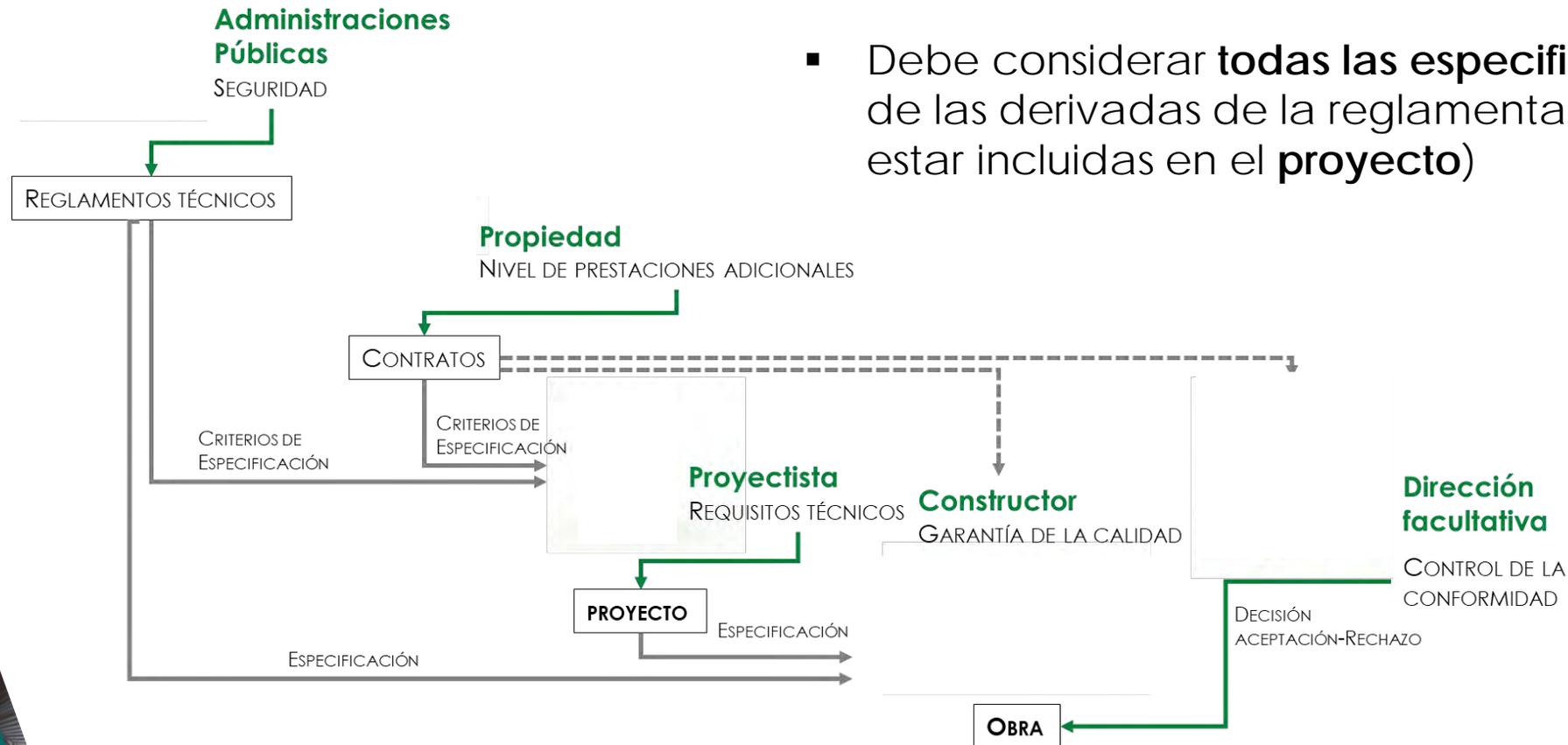
Las estructuras deberán presentar para su recepción una calidad **conforme con los criterios y especificaciones definidos en su proyecto**, de forma que pueda asumirse el cumplimiento, con una garantía suficiente, de los requisitos exigibles a la estructura en su proyecto.

[Art. 17 del Código]



El proyecto como referencia de las especificaciones

- El control **no** es sólo comprobar el cumplimiento del Código
- Debe considerar **todas las especificaciones**, además de las derivadas de la reglamentación (que deben estar incluidas en el **proyecto**)



Los protagonistas de la gestión de la calidad

Propiedad

- Decide **prestaciones adicionales**
- Decide el **sistema** para conseguir la garantía de calidad
- **Contrata** al resto de los agentes
- Gestiona la **fase de uso**

Proyectista

- Establece las **especificaciones**
- Define **criterios de conformidad**

Dirección facultativa

- Actúa **en nombre de la Propiedad**
- **Comprueba la conformidad**
- **Acepta o rechaza**

Constructor

- **Responsable de la calidad** de la estructura
- Sistema de **aseguramiento de la calidad** específico para cumplir el proyecto

Agentes del control

- **Ensayos:** laboratorios de control
- **Control de ejecución:** entidades de control
- **Control de proyecto:** entidades de control

Dirección Facultativa (en edificación, Director de ejecución)

- **Aprobar el programa de control** de la obra
- Velar por **la realización de las actividades** del programa
- **Validar las actividades** de control:
 1. Control de recepción de los productos que llegan a obra
 2. Control de recepción de los productos que se fabrican en la obra
 3. Control de los productos desde su recepción hasta su puesta en obra
 4. Control de ejecución
- Recopilar y archivar la **documentación**
- Sobre la conformidad de productos empleados o producidos en una **instalación industrial ajena a la obra**:
 - Requerir cualquier justificación adicional
 - Realizar cualquier comprobación adicional

Laboratorios de control (ensayos)

- Para **control de recepción externo, independencia** respecto al resto de agentes de la obra (salvo para las Administraciones Públicas)
 - **Declaración firmada** al inicio de la obra
 - se entrega a la Propiedad
 - incorporada por la Dirección Facultativa a la **documentación final de la obra**

No es aplicable a laboratorios para el control de producción de los fabricantes, ni a los de autocontrol del Constructor, pero sí a los que hagan ensayos para el Constructor con el fin de contrastar el control externo.
- Con **capacidad suficiente**:
 1. **Acreditación** conforme Reglamento (CE) 765/2008 para cada ensayo
 2. **Real Decreto 410/2010**, siempre que tengan declarados los ensayos correspondientes. **Registro del Código Técnico de la Edificación** (sección de laboratorios)

La Propiedad o en quien delegue, puede visitar los laboratorios para verificar su idoneidad

Laboratorios de control (ensayos)

- **Subcontratación:**

Se podrá subcontratar ensayos, previa aprobación de la Dirección Facultativa, siempre que éstos cumplan : **independencia y capacidad**

- **Laboratorios de obra:**

Los laboratorios de obra deberán estar ligados a laboratorios que:

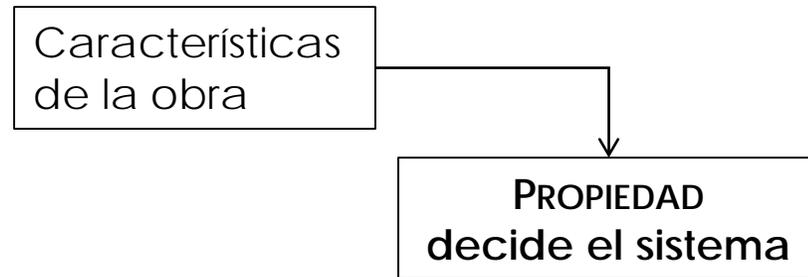
1. Cumplan las condiciones anteriores: **independencia y capacidad**
2. El **sistema de calidad** integre en su ámbito al laboratorio de obra



Entidades de control (toma de muestras, control de ejecución y de proyecto)

- **Ámbito de actuación:**
 - Asistencia técnica para el control de recepción (incluida la toma de muestras, no ensayos)
 - Control de ejecución
 - Control de proyecto
- **Independencia** respecto al resto de agentes de la obra (salvo para la Propiedad y para las Administraciones Públicas)
 - **Declaración firmada** al inicio de la obra
 - se entrega a la Propiedad
 - incorporada por la Dirección Facultativa a la **documentación final de la obra**
- Con **capacidad suficiente:**
 - Edificación: **ECCE según Art.14º LOE**. Real Decreto 410/2010, siempre que tengan declarados los ensayos correspondientes.

Sistemática para la garantía de la calidad: doble alternativa



Típico de EDIFICACIÓN



A

Control efectuado por la Dirección Facultativa, con la asistencia de:

- Laboratorio de control
- Entidad de control

B

Control efectuado directamente por el Constructor

La Dirección Facultativa hace un control de contraste

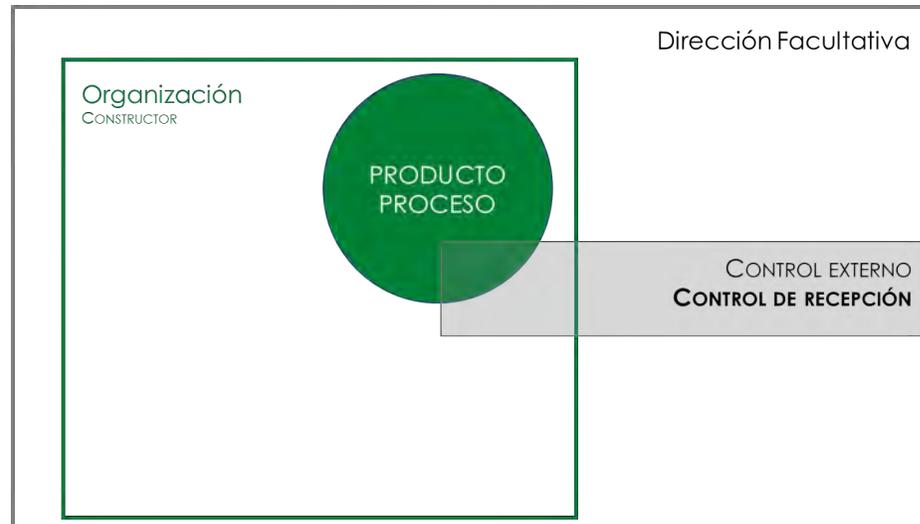
Posible asistencia de un agente de control (no imprescindible)

Típico de OBRA CIVIL



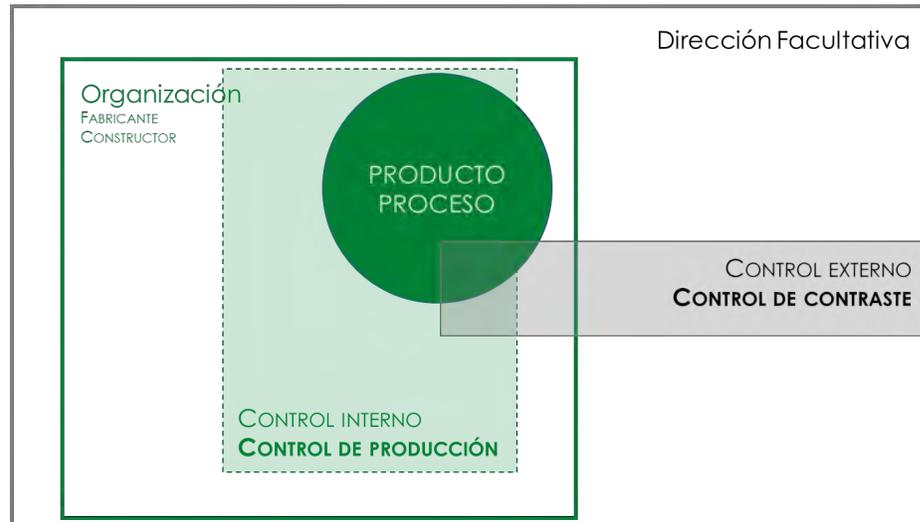
Complementariedad control de producción – control de recepción

Típico de EDIFICACIÓN



Independientemente del sistema, el **responsable de la garantía de calidad de la estructura es el Constructor**

Típico de OBRA CIVIL



Pero es la **Dirección Facultativa** quien **asume la conformidad** de la estructura para su **aceptación**

[Art. 17º Código]

- Sistema voluntario para avalar que un producto o proceso cumple las exigencias mínimas (especificaciones) del Código con la garantía necesaria
- Para productos fabricados fuera de la obra: el Distintivo de calidad lo concede un Organismo de certificación acreditado conforme con el Reglamento (CE) 765/2008
- Para productos fabricados en la obra o procesos de ejecución: la Dirección Facultativa puede asumir la garantía de un sistema equivalente al de los distintivos, siempre que asegure la misma fiabilidad estructural
- Los Distintivos pueden tener consideraciones especiales en recepción según lleven asociadas las garantías necesarias

- Sólo para producto que no tengan marcado CE o para procesos de ejecución, el Código permite aplicar consideraciones especiales en la recepción
 - Hormigón
 - Acero para armaduras pasivas o activas
 - Armaduras pasivas (mallas, básicas en celosía, ferralla)
- No se contemplan ventajas en recepción para productos con marcado CE, según el Reglamento 305/2011
- Para tener ventajas en recepción, los distintivos de calidad deben estar **oficialmente reconocidos** por cualquier órgano directivo de las Administraciones Públicas con competencias en el ámbito de la edificación o la obra pública

Alguna aparente contradicción en el artículo

El control de recepción tendrá en cuenta las garantías asociadas a la posesión de un distintivo, siempre que éste cumpla unas determinadas condiciones. Así, tanto en el caso de los procesos de ejecución, como en el de los **productos que no requieran el marcado CE según el Reglamento (UE) Nº 305/2011 de 9 de marzo de 2011**, este Código permite aplicar unas consideraciones especiales en su recepción, cuando ostenten un distintivo de calidad de carácter voluntario que esté oficialmente reconocido por la Subdirección General de Normativa y Estudios Técnicos del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana u otro órgano directivo con competencias en el ámbito de la edificación o de la obra pública y perteneciente a la Administración Pública de cualquier Estado miembro de la Unión Europea, de Turquía o de cualquiera de los Estados firmantes del Acuerdo sobre el Espacio Económico Europeo.

De acuerdo al apartado 4.1, **en el caso de los productos con marcado CE**, los distintivos de calidad oficialmente reconocidos no podrán certificar la conformidad con las prestaciones declaradas en lo que respecta a las características esenciales cubiertas por la norma armonizada, ni tampoco con las prestaciones de ninguna característica esencial relacionada con los requisitos básicos incluidos en el anexo I del Reglamento (EU) 305/2011, de 9 de marzo de 2011.

- Parece que sí puede haber DCOR para productos con marcado CE
- Pero deberán certificar otras prestaciones distintas de las del marcado CE
- Y no tendrán ventajas en recepción



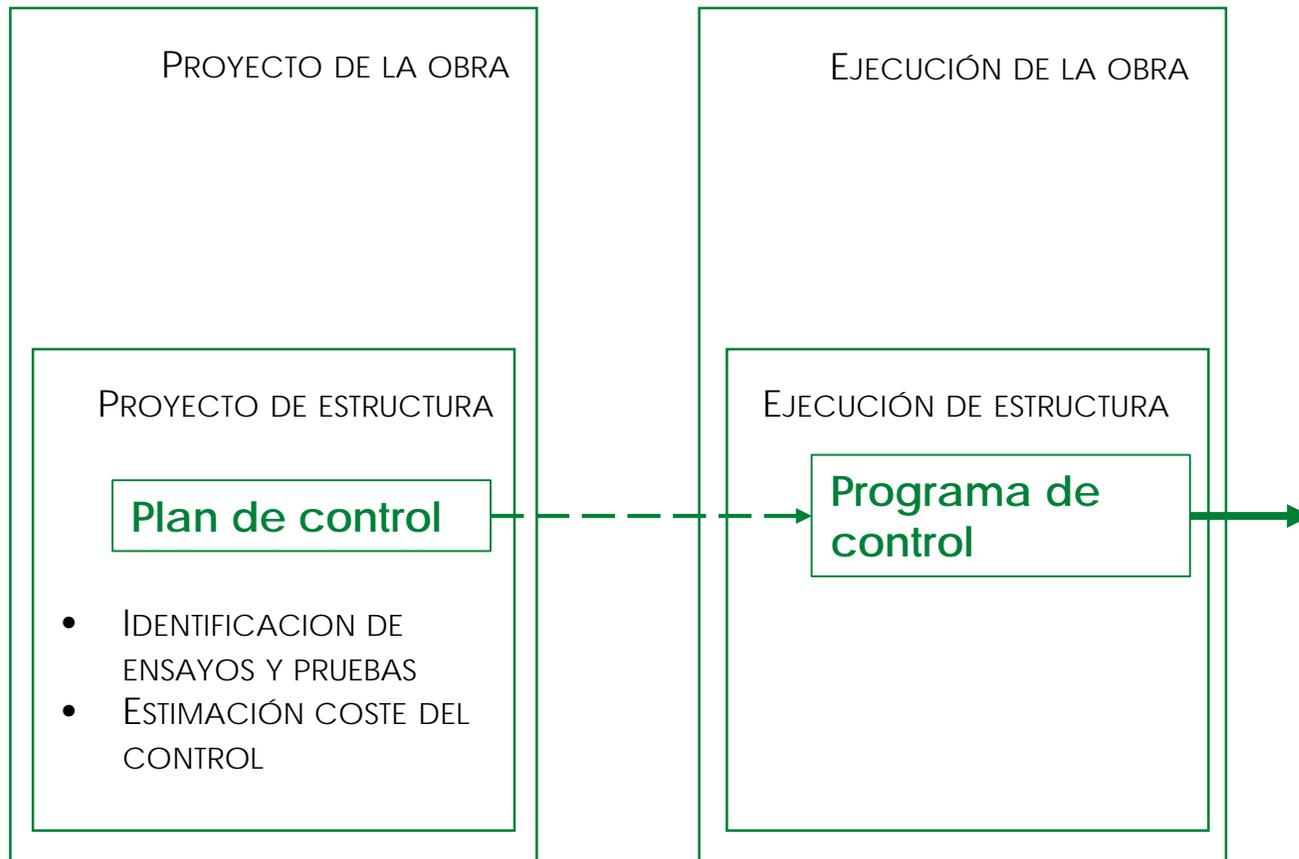
Obligación a la Dirección Facultativa de notificar incumplimientos

- En comentarios, parece querer imponer una obligación a la Dirección Facultativa en el caso de detectarse productos no conformes en obra

En el caso de que se realicen ensayos o comprobaciones experimentales sobre cualquier producto o proceso que esté en posesión de un distintivo oficialmente reconocido y de los resultados de ensayos realizados pueda confirmarse una no conformidad del producto respecto a lo establecido en este Código, la dirección facultativa notificará dicha circunstancia al Organismo emisor del distintivo y a la Administración que hubiera efectuado el reconocimiento.

- Parece un error de redacción, pues los comentarios (no publicados en el BOE) no pueden imponer obligaciones
- Se trata más bien de una recomendación (que era como aparecía en la anterior Instrucción EHE-08)

Plan y programa de control



1. Identificación de **productos y procesos** objeto de control
2. Identificación de **lotes y unidades de inspección**
3. Identificación de **comprobaciones y criterios**
4. Previsión de **medios** necesarios
5. **Programación**, coordinada con el cronograma de obra
6. Identificación del **responsable** de la toma de muestras
7. Identificación del **sistema documental**

Control de la conformidad del proyecto

- Control no preceptivo, **potestad de la Propiedad**
- **Objeto:** Comprobar:
 - la conformidad con el Código y resto de la reglamentación aplicable
 - grado de definición
 - otros aspectos que pudieran incidir en la calidad final de la estructura
- **Deberá realizarse por:**
 - Una persona distinta a los responsables del proyecto (autocontrol)
 - Una entidad de control de calidad
- **Anejo 3.** Lista de comprobación

Control de la conformidad de los productos (I)

- **Objeto:** Comprobar:
 - la conformidad con el proyecto
 - En su defecto, la conformidad con el Código
- **Criterios:**
 - **Criterios de referencia: los del Código**
 - La Dirección Facultativa puede aplicar otros criterios
- **Metodología:** Combinación de:
 1. Comprobaciones documentales (Anejo 4)
 2. Comprobaciones experimentales (ensayos)
- **Productos con marcado CE.** El Código **no impone la realización de ensayos**
- **Productos con DCOR.** La Dirección Facultativa **puede considerar** las garantías adicionales



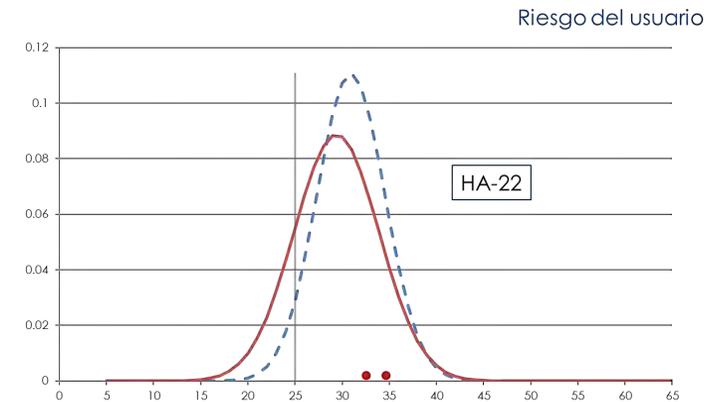
Control de la conformidad de los productos. Mercado CE (II)

- **El mercado CE no garantiza la idoneidad para el uso.** Consecuencia del paso de la Directiva 89/106/CEE al Reglamento (UE) 305/2011
- La **comprobación de las especificaciones de proyecto** debe efectuarse:
 - Si se refieren a **características esenciales** (incluidas en el anejo ZA de la norma armonizada), mediante la comprobación de los **valores reflejados en la declaración de prestaciones** aportada por el fabricante. En caso de duda, la Dirección Facultativa, puede prescribir ensayos.
 - Si se refieren a **otras características**, mediante **ensayos** a juicio de la Dirección Facultativa
- **La declaración de prestaciones no implica la conformidad.** En todo caso, son los valores en ella reflejados. Las normas armonizadas contemplan el mercado CE con distintos niveles de prestación

Control de la conformidad de los productos. Distintivos de calidad (y III)

- Probabilidad de aceptación de un criterio de conformidad

Todos los criterios de conformidad definidos en el Código o en las normas (armonizadas o no) **están asociados a una probabilidad de aceptar un lote no conforme**



En el caso de los productos, los criterios definidos para su aceptación están, normalmente, definidos para mantener en valores suficientemente bajos la probabilidad global β_G de aceptar un lote de producto no conforme con la especificación definida en el proyecto (riesgo global del usuario).

[Comentarios al Art. 17º Código]

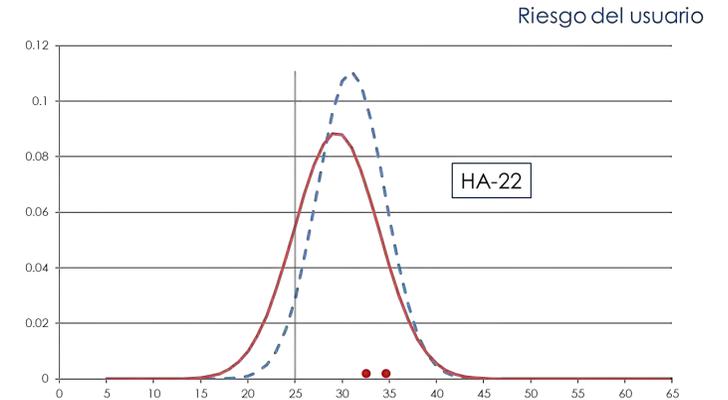
Control de la conformidad de los productos. Distintivos de calidad (y III)

- Probabilidad de aceptación de un criterio de conformidad

La probabilidad de aceptar un lote no conforme es la combinación del efecto de:

- el control de producción, y
- el control de recepción

Si el control de producción conlleva una **probabilidad baja con suficiente garantía** (a través de un distintivo), **se puede admitir una probabilidad mayor en recepción**



a) Antes del suministro:

- los documentos de conformidad, declaración responsable del fabricante o autorizaciones administrativas exigidas reglamentariamente (**mercado CE**)
- en su caso, **certificado de inspección de la central suministradora del hormigón preparado**, según proceda, en función de lo establecido en la reglamentación industrial vigente relativa al control de producción de hormigones fabricados en central,
- en su caso, **declaración del suministrador** firmada por persona física con poder de representación suficiente en la que conste que, en la fecha de la misma, el producto está en posesión de un **distintivo de calidad oficialmente reconocido**, y fotocopia del mismo,
- en su caso, **certificados que avalen la posesión de distintivos de calidad**

b) Durante el suministro:

- **hojas de suministro** de cada partida o remesa,

b) Después del suministro:

- **certificado final de suministro** del producto suministrado, firmado por persona física con poder de representación suficiente.



Control de la conformidad de la ejecución

Objeto: la **Dirección Facultativa** pueda asumir la conformidad con el **proyecto de los procesos de construcción**, mediante la comprobación de su organización y desarrollo

- Las comprobaciones las puede hacer:
 - **Directamente la Dirección Facultativa**, o
 - Con la asistencia de una **Entidad de Control**
- Consta de dos partes:
 1. La **comprobación del control de producción del Constructor**, y
 2. La realización de **inspecciones de los procesos** de ejecución

Control de la conformidad de la estructura terminada

- **Tipos de comprobaciones:**
 1. **Documentales** (siempre)
 2. **Experimentales** (a veces)
- **Tipos de comprobaciones experimentales:**
 - a) Reglamentarias (normalmente, pruebas de carga)
 - b) Exigidas por el proyecto (pruebas de carga u otras)
 - c) De información complementaria, decididas por la Dirección Facultativa (pruebas de carga u otras)
- **Conformidad de la documentación de control durante la obra:**
 - **Trazabilidad** entre los productos colocados y los empleados para su fabricación
 - **Documentos de control** generados durante la obra
 - **Hojas de suministro**



Control de los materiales componentes del hormigón (I)

Marcado CE

CEMENTO	SI/NO	INSTRUCCIÓN RC-16
AGUA	NO	SI ES POTABLE, OK
ÁRIDOS	SI	DIFERENCIA PARA AUTOCONSUMO
ADITIVOS	SI	EN GENERAL, DOCUMENTAL
ADICIONES	SI	EN GENERAL, DOCUMENTAL
PR. PROTECCIÓN	SI	EN GENERAL, DOCUMENTAL

Control de los materiales componentes del hormigón (II)

Agua:

- Si es potable, no se requiere ensayos
- Si no es potable, ensayos de todas las especificaciones

Característica del agua	Limitación	Norma
Exponente de hidrógeno, pH	≥ 5	UNE 83952
Sulfatos (en general), expresado en SO_4^{2-}	$\leq 1 \text{ g/l}$	UNE 83956
Sulfatos (cementos SRC y SR), expresado en SO_4^{2-}	$\leq 5 \text{ g/l}$	
Ion cloruro	a) hormigón pretensado $\leq 1 \text{ g/l}$	UNE 83958
	b) hormigón armado y hormigón en masa con armaduras para evitar fisuración $\leq 2 \text{ g/l}$	
Álcalis, expresado en $\text{Na}_2\text{O}_{\text{equiv}}^{(1)}(\text{Na}_2\text{O} + 0,658 \text{ K}_2\text{O})$	$\leq 1,5 \text{ g/l}$	(2)
Sustancias disueltas	$\leq 15 \text{ g/l}$	UNE 83957
Hidratos de carbono	$= 0 \text{ g/l}$	UNE 83959
Sustancias orgánicas solubles en éter	$\leq 15 \text{ g/l}$	UNE 83960

Agua reciclada:

- Densidad

Control de los materiales componentes del hormigón (III)

Aridos:

- En general, comprobación declaración de prestaciones del mercado CE

Áridos de autoconsumo:

- Certificado de ensayo con antigüedad no inferior a tres meses

Control de los materiales componentes del hormigón (V)

Aditivos:

- **Comprobación declaración de prestaciones del mercado CE**

Adiciones:

- **En general, comprobación declaración de prestaciones del mercado CE**
- En el caso de las escorias, estudio experimental de su comportamiento resistente y de durabilidad con el cemento que se va a usar

Productos de reparación:

- **En general, comprobación declaración de prestaciones del mercado CE**
- Si no tienen mercado CE, "el suministrador **deberá demostrar su conformidad con el proyecto** y los artículos 39º, 40º y 41º del Código"

Control de los materiales componentes del hormigón (y VI)

ADITIVO (SUPERPLASTIFICANTE)

6.- Prestaciones declaradas

Características esenciales	Prestaciones	Especificaciones técnicas armonizadas
Contenido en iones cloruro	≤ 0,10% en masa	EN 934-2:2009+A1:2012
Contenido en alcalinos	≤ 2,5 % Na ₂ O equivalente	EN 934-2:2009+A1:2012
Comportamiento frente a la corrosión	No favorece la corrosión	EN 934-2:2009+A1:2012
Resistencia a compresión	≥ 140% que la del hormigón testigo a 1 día (a igual consistencia) ≥ 115% que la del hormigón testigo a 28 días (a igual consistencia) ≥ 90% que la del hormigón testigo a 28 días (a igual relación agua/cemento)	EN 934-2:2009+A1:2012
Contenido en aire	≤ 2% en volumen por encima del hormigón testigo	EN 934-2:2009+A1:2012
Reducción de agua	≥ 12% con relación a la del hormigón testigo	EN 934-2:2009+A1:2012
Consistencia	≥ 120 mm con relación a los 30±10 mm inicial	EN 934-2:2009+A1:2012
Sustancias peligrosas	Consultar la ficha de seguridad	EN 934-2:2009+A1:2012

Las prestaciones del producto identificado en el punto 1 son conformes con las prestaciones declaradas en el punto 6.

La presente declaración de prestaciones se emite bajo la única responsabilidad del fabricante indicado en el punto 2.

Este certificado es válido mientras no se produzcan modificaciones en la información detallada en esta declaración.

Firmado por y en nombre del fabricante por:  Lugar y fecha de emisión
Izurtza, 12 de Marzo de 2018

César Abadía
Director Técnico de Fosroc Euco, S.A.

Fosroc Euco, s.a.

Gasteiz Bidea, 11
48213 Izurtza (Bizkaia)
Spain

teléfono: 946 217 160 fax: 946 815 150 e-mail: spain@fosroc.com

www.fosroc.com



Sociedad Unipersonal - inscrita en el Registro Mercantil de Bizkaia, Tomo 5.236 Jde la Sección General de Sociedades. Folio 106, Hoja nº 1610/A - C.I.F. A48440812

MASTER BUILDERS SOLUTIONS

6: Prestaciones declaradas

Características esenciales	Prestaciones	Especificaciones técnicas armonizadas
Dióxido de silicio	≥ 85%	EN 13263-1:2005+A1:2009
Silicio elemental	≤ 0,4%	EN 13263-1:2005+A1:2009
Oxido de calcio libre	≤ 1,0%	EN 13263-1:2005+A1:2009
Sulfatos	≤ 2,0%	EN 13263-1:2005+A1:2009
Alcalinos totales	≤ 1,0%	EN 13263-1:2005+A1:2009
Cloruros	≤ 0,3%	EN 13263-1:2005+A1:2009
Pérdida por calcinación	≤ 4,0%	EN 13263-1:2005+A1:2009
Superficie específica	15 m ² /g ≤ Sup. Espec. ≤ 35 m ² /g	EN 13263-1:2005+A1:2009
Índice de actividad	≥ 100%	EN 13263-1:2005+A1:2009
efectos sobre la corrosión	Ver hoja de seguridad	EN 934-1:2008
sustancias peligrosas	Ver hoja de seguridad	Reglamento nº: 1907/2006

Firmado por y en nombre del fabricante:
Master Builders Solutions España, S.L.U.



Andreas Fleischhauer
Market Manager Master Builders Solutions España, S.L.U.

15.4.2021 Página 2 de 2

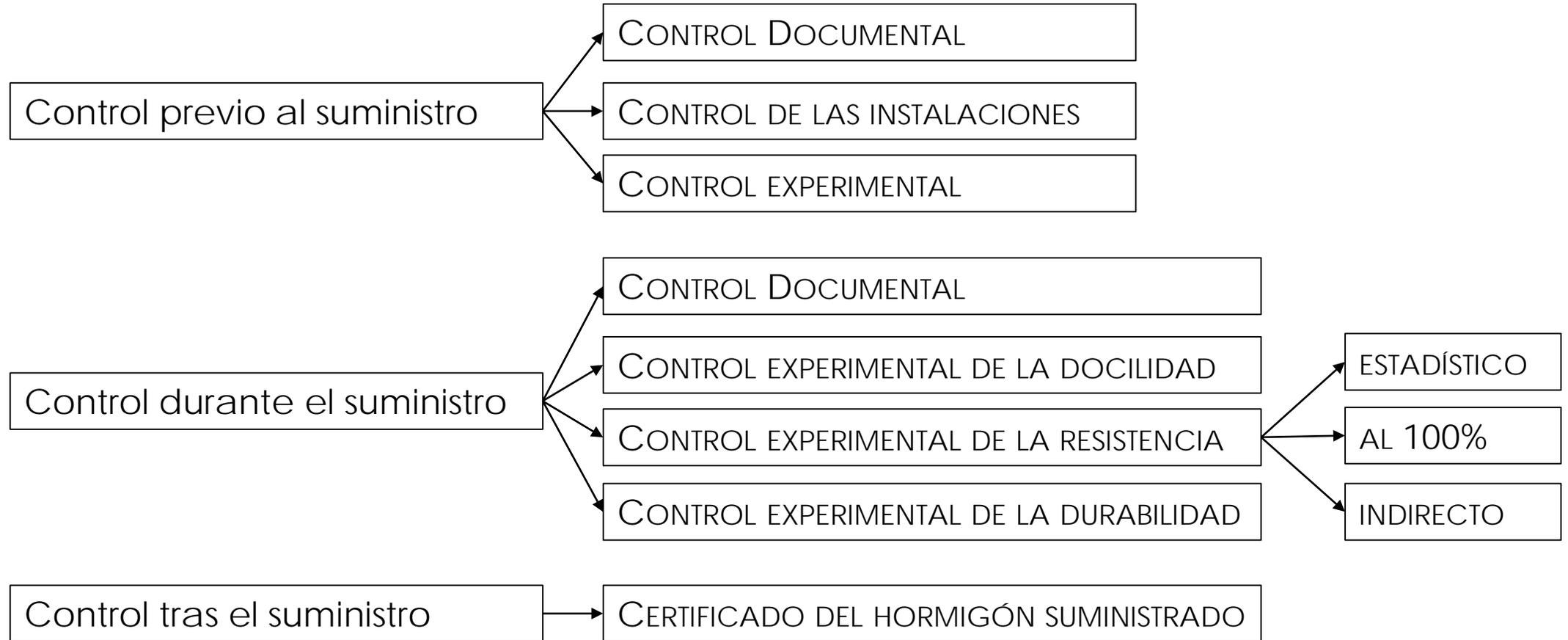
ADICIONES (MICROSÍLICE)



Control del hormigón. Criterios generales (I)

- La conformidad del hormigón se comprueba **durante su recepción en obra**
- **Objeto** de la comprobación de la conformidad:
 1. **Docilidad**
 2. **Resistencia**
 3. **Durabilidad**
 4. Cualquier otra característica indicada específicamente en el proyecto
- Es **independiente de la instalación** de fabricación:
 - Hormigón preparado
 - Hormigón de central de obra
- Incluye **dos tipos de comprobaciones**:
 - Documentales
 - Experimentales (ensayos)

Control del hormigón. Criterios generales (II)



Toma de muestras y realización de ensayos

- Podrán estar presentes todos los agentes involucrados:
 - Dirección Facultativa
 - Constructor
 - Suministrador del hormigón
- Número suficiente de probetas. **Al menos, 2 para 28 días y 2 de reserva.**
- **Resultados de referencia a 28 días.** A los 60 días se desecharán las no utilizadas
- **Toma de muestras en el punto de vertido del hormigón** entre $\frac{1}{4}$ y $\frac{3}{4}$ de la descarga
- Acta de toma de muestras por parte del laboratorio (Anejo 4)
- El Constructor y el suministrador del hormigón podrán requerir la realización, a su costa, de muestras de contraste

Probetas del fabricante de hormigón



Probetas del Constructor



Probetas de la Dirección Facultativa



Realización de ensayos hormigón fresco

- Ensayos de docilidad:
 - En general, **método del asentamiento**(cono de Abrams)(UNE-EN 12350-2)
 - Hormigones autocompactantes: escurrimiento (UNE-EN 12350-8), embudo en V (UNE-EN 12350-9), caja en L (UNE-EN 12350-10), anillo japonés ((UNE-EN 12350-12) y resistencia a la segregación (UNE-EN 12350-11)



HORMIGÓN CONVENCIONAL
Resultado media de **dos**
ensayos



HORMIGÓN AUTOCOMPACTANTE
Resultado de **un solo**
ensayo

Conservación de las probetas en obra

- Se deberán **proteger las probetas** de impactos, vibraciones, soleamiento directo o exposición al viento
- El **período de permanencia en obra** estará comprendido **entre 16 y 72 horas**. Se recomienda no superar las 48 horas, especialmente en época de verano
- La **temperatura exterior alrededor de las probetas** deberá ser $20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, **aceptándose $25^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ en tiempo caluroso**. Si no se puede cumplir, el Constructor deberá habilitar un recinto adecuado

Realización de ensayos hormigón endurecido. Resistencia

- En general, la comprobación de las especificaciones para hormigón endurecido se llevarán a cabo a los **28 días de edad**
- El resultado para cada toma: media de dos resultados. El rango debe ser inferior al 13%
- **Probeta de referencia: cilíndricas $\varnothing 15 \times 30\text{cm}$**
- Probeta alternativa:
 - **cúbicas de 10cm** ($f_{ck} \leq 50\text{MPa}$ y TMA < 12mm)
 - La Dirección Facultativa debe aceptarlo
 - El laboratorio debe disponer de coeficientes de conversión propios (mínimo 18 parejas de resultados y coeficiente $r^2 \geq 0.90$)

- **cúbicas de 15cm:**

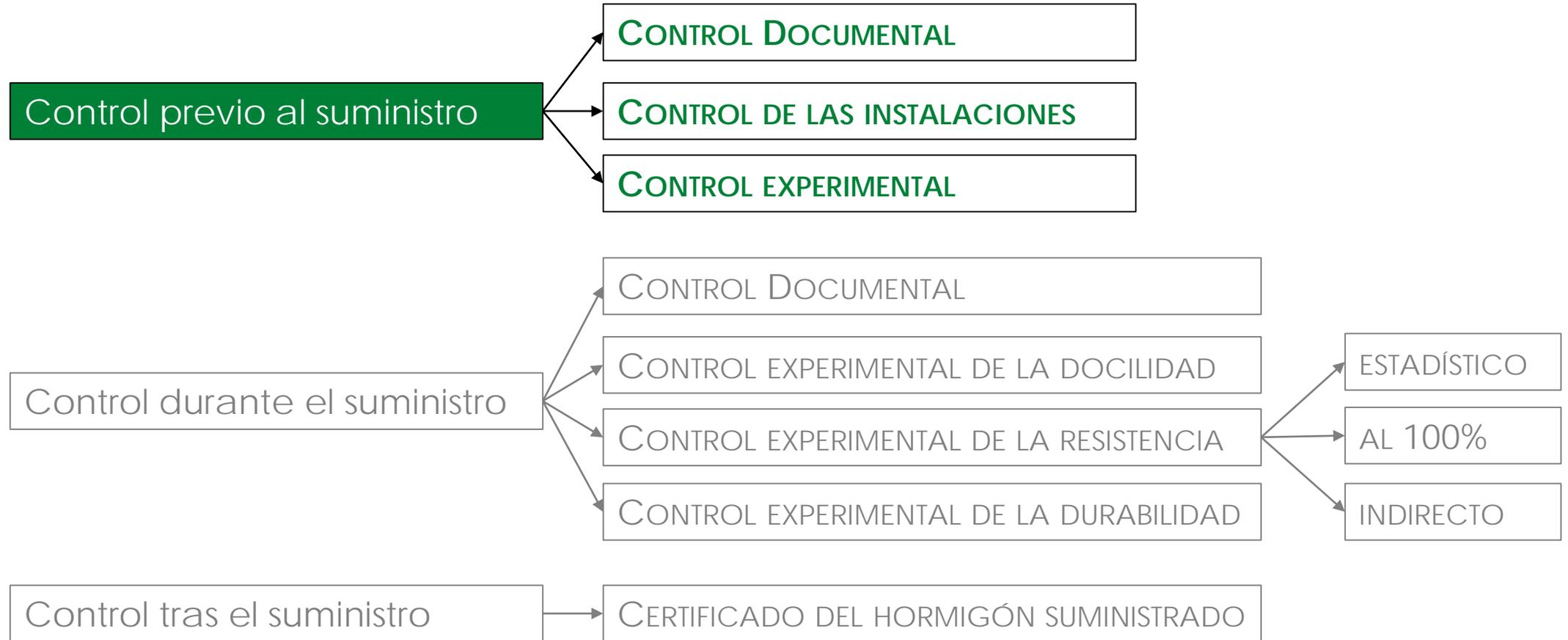
$$f_c = \lambda_{cil,cub15} \cdot f_{c,cúbica}$$

Resistencia en Probeta cúbica f_c (N/mm ²)	$\lambda_{cil,cub15}$
$f_c < 60$	0,90
$60 \leq f_c < 80$	0,95
$f_c \geq 80$	1,00

Realización de ensayos hormigón endurecido. Durabilidad

- **Profundidad de penetración de agua bajo presión**, según UNE-EN 12390-8.
 - Previamente, período de secado de 72 horas a $50^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$
- **Contenido de aire en el hormigón**, según UNE-EN 12350-7

Control del hormigón. Criterios generales (II)



Hormigón. Antes del suministro. Control documental

- **Control documental:**
 - **Documentación general** para todos los productos antes del suministro
 - **Declaración responsable** (Anejo 4)
 - Instalaciones conformes a la reglamentación vigente
 - Empleo de materiales conformes
 - Declaración de dosificaciones nominales del hormigón a suministrar
 - Conformidad del hormigón con el código y con el Contrato
 - Compromiso de entrega de hoja de suministro
 - Conformidad de la impermeabilidad al agua y del aire ocluido, en su caso
 - Compromiso de facilitar “ficha técnica”
 - **Resto de ensayos previos y característicos**, en su caso, con antigüedad máxima de seis meses

Hormigón. Antes del suministro. Comprobación de las instalaciones

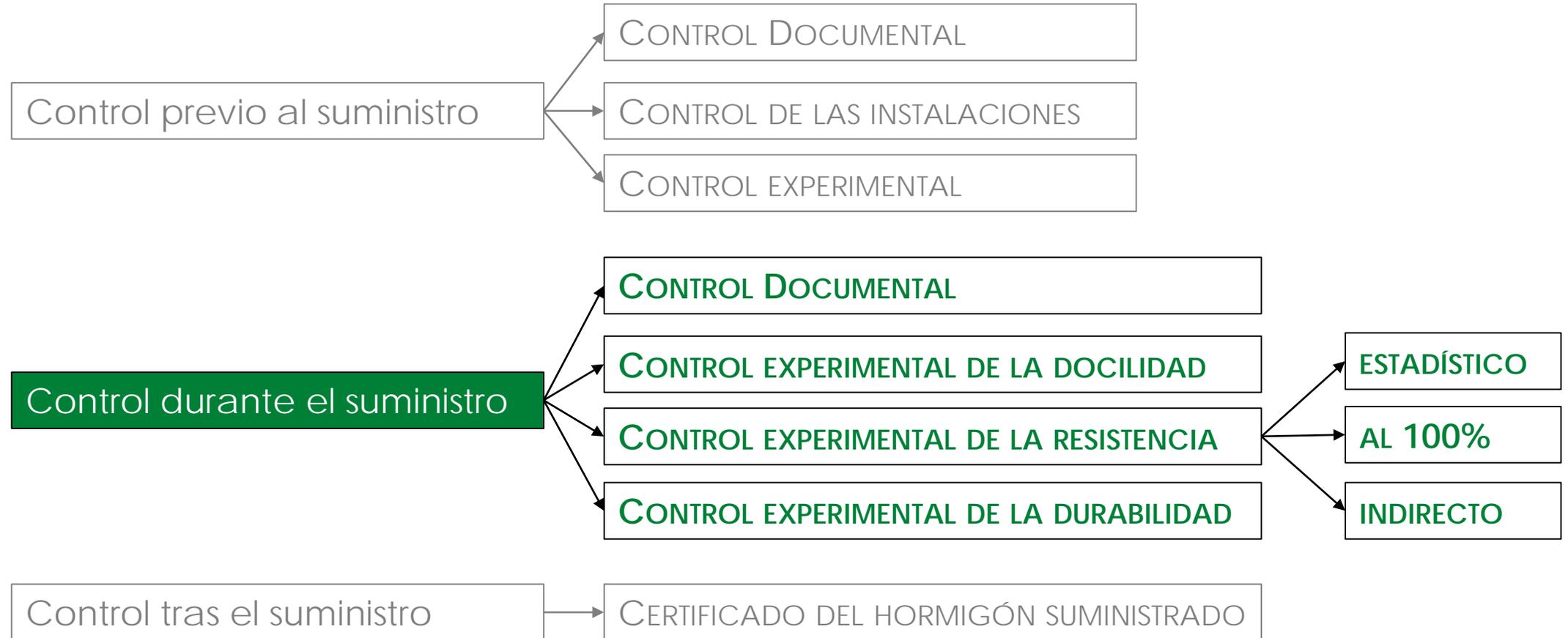
- **Potestad de la Dirección facultativa**
- Puede ejercerla
 - Directamente, o
 - Con la asistencia de una Entidad de control
- **Objeto:**
 - Comprobar **la idoneidad para fabricar hormigón**
 - Comprobar la **implantación de un control de producción**, debidamente documentado y conforme a la reglamentación vigente
 - Comprobar que **garantiza la durabilidad** , al estar automatizada disponiendo de
 - a) Existencia de un dispositivo de registro de la pesada
 - b) Certificado del fabricante de software de dosificación y carga
 - c) Certificado del Fabricante sobre la trazabilidad de los datos aportados

Hormigón. Antes del suministro. Control experimental

- Ensayos previos:
 - Objeto: comprobar **idoneidad de los materiales componentes y las dosificaciones**
 - Comprobación de la resistencia de **hormigones fabricados en laboratorio**
- Ensayos característicos:
 - Objeto: comprobar idoneidad de los materiales componentes, las dosificaciones **y las instalaciones**
 - Comprobación de la resistencia y la penetración de agua de hormigones **fabricados en central**
- Exención de estos ensayos:
 - Hormigón con distintivo de calidad
 - Experiencia anterior de fabricación del mismo hormigón



Control del hormigón. Criterios generales (II)



Hormigones convencionales

- Hacer ensayo de docilidad cuando:
 - a) Se fabriquen probetas para resistencia
 - b) En todas las amasadas con control indirecto de la resistencia
 - c) Siempre que lo indique la Dirección Facultativa
- Criterios de aceptación o rechazo:

Consistencia definida por su clase conforme a la tabla 33.5.a		
Tipo de consistencia	Tolerancia en mm	Intervalo resultante en mm
Seca (S)	±10	0 - 30
Plástica (P)		20 - 50
Blanda (B)		40 - 100
Fluida (F)		90 - 160
Líquida (L)		150 - 220

Hormigones autocompactantes

- La Dirección Facultativa decide la frecuencia de control
- Realizar, al menos:
 - a) Fluidez, mediante ensayo de escurrimiento
 - b) Capacidad de paso, mediante anillo japonés (1 ensayo por cada 4 de escurrimiento)

Propiedad	Parámetro medido	Rango admisible
Escurrimiento	<i>SF</i>	550 mm – 850 mm
Viscosidad	<i>t_v</i>	≤ 25 s
Capacidad de paso	<i>PL</i>	≥ 0,80
	<i>PJ</i>	≤ 10 mm
Resistencia a la segregación	<i>SR</i>	≤ 20%

Hormigón. Durante el suministro. Control de resistencia

Tres modalidades de control de la conformidad de la resistencia:

- **Modalidad 1. Control estadístico**

- A. Identificación de la resistencia. Sólo con DCOR de producto

- B. Criterios generales de aceptación o rechazo.

- ✓ Caso 1. Con DCOR de la dispersión
 - ✓ Caso 2. Sin DCOR con más de 36 amasadas
 - ✓ Caso 3. Sin DCOR en otros casos

- **Modalidad 2. Control al 100 por 100**

- **Modalidad 3. Control indirecto.** Sólo con DCOR

Hormigón. Control estadístico de resistencia. Lotes de control

Tipo de elemento	Volumen de hormigón	Tiempo de hormigonado	Nº de elementos	Nº de amasadas a controlar en cada lote Hormigón sin distintivo oficialmente reconocido	Nº de amasadas a controlar en cada lote Hormigón con distintivo oficialmente reconocido
Cimentaciones con elementos de volumen superior a 200 m³	V. vertido de forma continua	1 semana	1 elemento	$N \geq V/35$ $N \geq 3$	$N \geq V/105$ $N \geq 1$
Cimentaciones superficiales con elementos de volumen inferior a 200 m³	100 m³	1 semana	-	$N \geq 3$	$N=1$
Vigas, forjados, losas para pavimentos y otros elementos trabajando a flexión	100 m³	2 semanas	1000 m2 de superficie construida 2 plantas (**)	$N \geq 3$	$N=1$
Losa superior o inferior en marcos	200 m³ V. vertido de forma continua	2 días	totalidad del elemento (losa superior o losa inferior)	$N \geq V/30$ $N \geq 3$	$N=1$
Pilares y muros portantes de edificación	100 m³	2 semanas	500 m2 de superficie construida (*) 2 plantas (**)	$N \geq 3$	$N=1$
Pilas y estribos de puente (con encofrado convencional)	50 m³	1 día	1 pila / 1 estribo.	$N \geq 3$	$N=1$
Pilas de puente construidas por trepado y deslizado	100 m³	2 días	1 pila.	$N \geq V/20$ $N \geq 4$	$N=1$
Tableros de puente en general y losas in situ de tableros con elementos prefabricados y mixtos	300 m³	1 día	1 vano. 50 m de longitud	$N \geq V/20$ $N \geq 4$	$N \geq V/60$ $N \geq 1$
Tableros construidos por fases(***)	600 m³	-	1 fase	$N \geq V/30$ $N \geq 4$	$N \geq V/90$ $N \geq 1$
Otros elementos o grupos de elementos que funcionan fundamentalmente a compresión	100 m³	2 semanas	500 m² de superficie construida 2 plantas	$N \geq 3$	$N=1$
Soleras de túneles	100 m³	1 día	1 fase	$N \geq 3$	$N=1$
Contrabóvedas de túneles	100 m³	1 día	1 fase	$N \geq 3$	$N=1$

- En el caso de **DCOR de producto**:

el tamaño del lote **X 5**

- En el caso de **DCOR con certificación de dispersión**:

el tamaño del lote **X 2**

- En cualquier caso, el **número mínimo de lotes** es

3

correspondiendo a filas distintas de la tabla

- Si hay una **no conformidad, se interrumpe** al menos en 6 lotes

Hormigón. Control estadístico de resistencia. Número de amasadas

Tipo de elemento	Volumen de hormigón	Tiempo de hormigonado	Nº de elementos	Nº de amasadas a controlar en cada lote	Nº de amasadas a controlar en cada lote
				Hormigón sin distintivo oficialmente reconocido	Hormigón con distintivo oficialmente reconocido
Cimentaciones con elementos de volumen superior a 200 m³	V. vertido de forma continua	1 semana	1 elemento	$N \geq V/35$ $N \geq 3$	$N \geq V/105$ $N \geq 1$
Cimentaciones superficiales con elementos de volumen inferior a 200 m³	100 m³	1 semana	-	$N \geq 3$	$N=1$
Vigas, forjados, losas para pavimentos y otros elementos trabajando a flexión	100 m³	2 semanas	1000 m² de superficie construida 2 plantas (**)	$N \geq 3$	$N=1$
Losa superior o inferior en marcos	200 m³ V. vertido de forma continua	2 días	totalidad del elemento (losa superior o losa inferior)	$N \geq V/30$ $N \geq 3$	$N=1$
Pilares y muros portantes de edificación	100 m³	2 semanas	500 m² de superficie construida (*) 2 plantas (**)	$N \geq 3$	$N=1$
Pilas y estribos de puente (con encofrado convencional)	50 m³	1 día	1 pila / 1 estribo.	$N \geq 3$	$N=1$
Pilas de puente construidas por trepado y deslizado	100 m³	2 días	1 pila.	$N \geq V/20$ $N \geq 4$	$N=1$
Tableros de puente en general y losas in situ de tableros con elementos prefabricados y mixtos	300 m³	1 día	1 vano. 50 m de longitud	$N \geq V/20$ $N \geq 4$	$N \geq V/60$ $N \geq 1$
Tableros construidos por fases (***)	600 m³	-	1 fase	$N \geq V/30$ $N \geq 4$	$N \geq V/90$ $N \geq 1$
Otros elementos o grupos de elementos que funcionan fundamentalmente a compresión	100 m³	2 semanas	500 m² de superficie construida 2 plantas	$N \geq 3$	$N=1$
Soleras de túneles	100 m³	1 día	1 fase	$N \geq 3$	$N=1$
Contrabóvedas de túneles	100 m³	1 día	1 fase	$N \geq 3$	$N=1$

- En **ningún caso**, el lote estará formado por amasadas suministradas a la obra en **tiempo superior a 6 semanas**
- En el caso de $f_{ck} \geq 50\text{MPa}$, $N \geq 6$ amasadas

Hormigón. Durante el suministro. Control de resistencia

▪ Modalidad 1. Control estadístico

A. Identificación de la resistencia. Sólo con DCOR de producto

$$x_i \geq f_{ck}$$

B. Criterios generales de aceptación o rechazo.

- ✓ Caso 1. Con DCOR de la dispersión
- ✓ Caso 2. Sin DCOR con más de 36 amasadas
- ✓ Caso 3. Sin DCOR en otros casos

Caso de control estadístico	Criterio de aceptación
1	$f(\bar{x}) = \bar{x}(1 - 1.66\delta^*) \geq f_{ck}$
2	$f(\bar{x}) = \bar{x} - 1.66s_{35}^* \geq f_{ck}$
3	$f(x_1) = x_1K_n \geq f_{ck}$



Hormigón. Durante el suministro. Control de resistencia

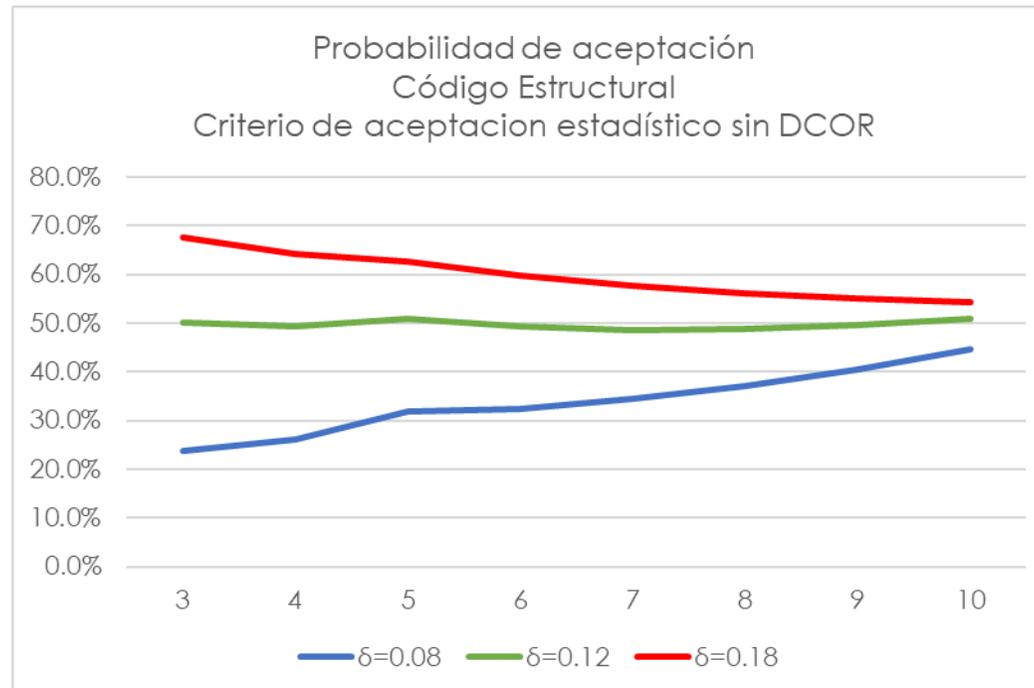
Caso de control estadístico	Criterio de aceptación
1	$f(\bar{x}) = \bar{x}(1 - 1.66\delta^*) \geq f_{ck}$
2	$f(\bar{x}) = \bar{x} - 1.66s_{35}^* \geq f_{ck}$
3	$f(x_i) = x_i K_n \geq f_{ck}$

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

- Los criterios **no tienen una probabilidad de aceptación equivalente**
- En el **caso 3**, tienen más probabilidad de aceptación los **hormigones producidos con más dispersión**

Hormigón. Durante el suministro. Control de resistencia

- Los criterios **no tienen una probabilidad de aceptación equivalente**
- En el **caso 3**, tienen más probabilidad de aceptación los **hormigones producidos con más dispersión** (paradoja del Código)



Hormigón. Durante el suministro. Control de resistencia

▪ Modalidad 2. Control al 100 por 100

- Aplicable a cualquier estructura
- **Se ensayan todas la amasadas**
- Se determina el valor de $f_{c,real}$

$$f_{c,real} \geq f_{ck}$$

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

▪ Modalidad 3. Control indirecto.

- **Sólo con DCOR**
- Se hacen **4 determinaciones de consistencia /jornada** espaciadas
- Edificios de viviendas de una o dos plantas, con luces inferiores a 6.00m
- Edificios de viviendas hasta 4 plantas que trabajen a flexión con luces inferiores a 6.00m
- El ambiente se X0 o XC
- El proyecto haya adoptado una **resistencia de cálculo, f_{cd} no superior a 15 MPa**

Hormigón. Durante el suministro. Control de durabilidad

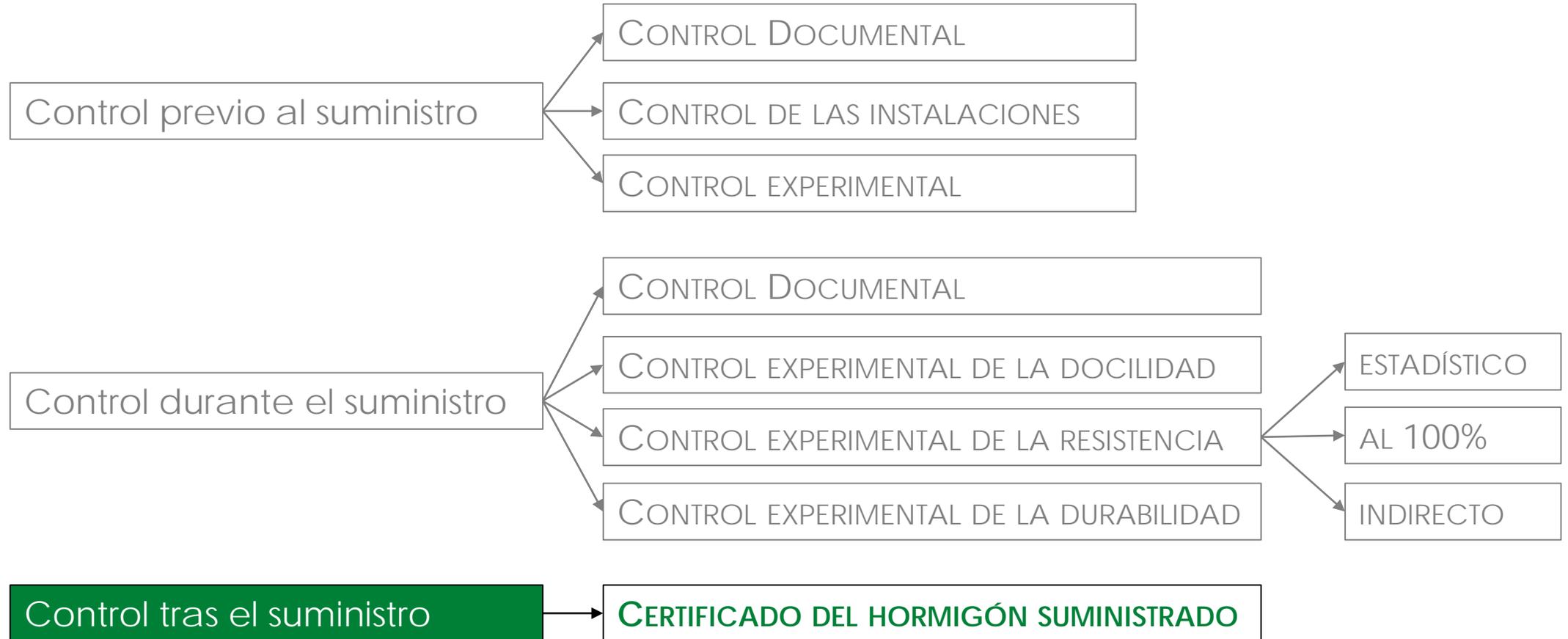
- Solo en hormigones sin DCOR
- Ensayo de penetración de agua
 - En ambientes XA, XS, XD, XF o XM
 - Al inicio y cada 6 meses, mientras dure el suministro

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

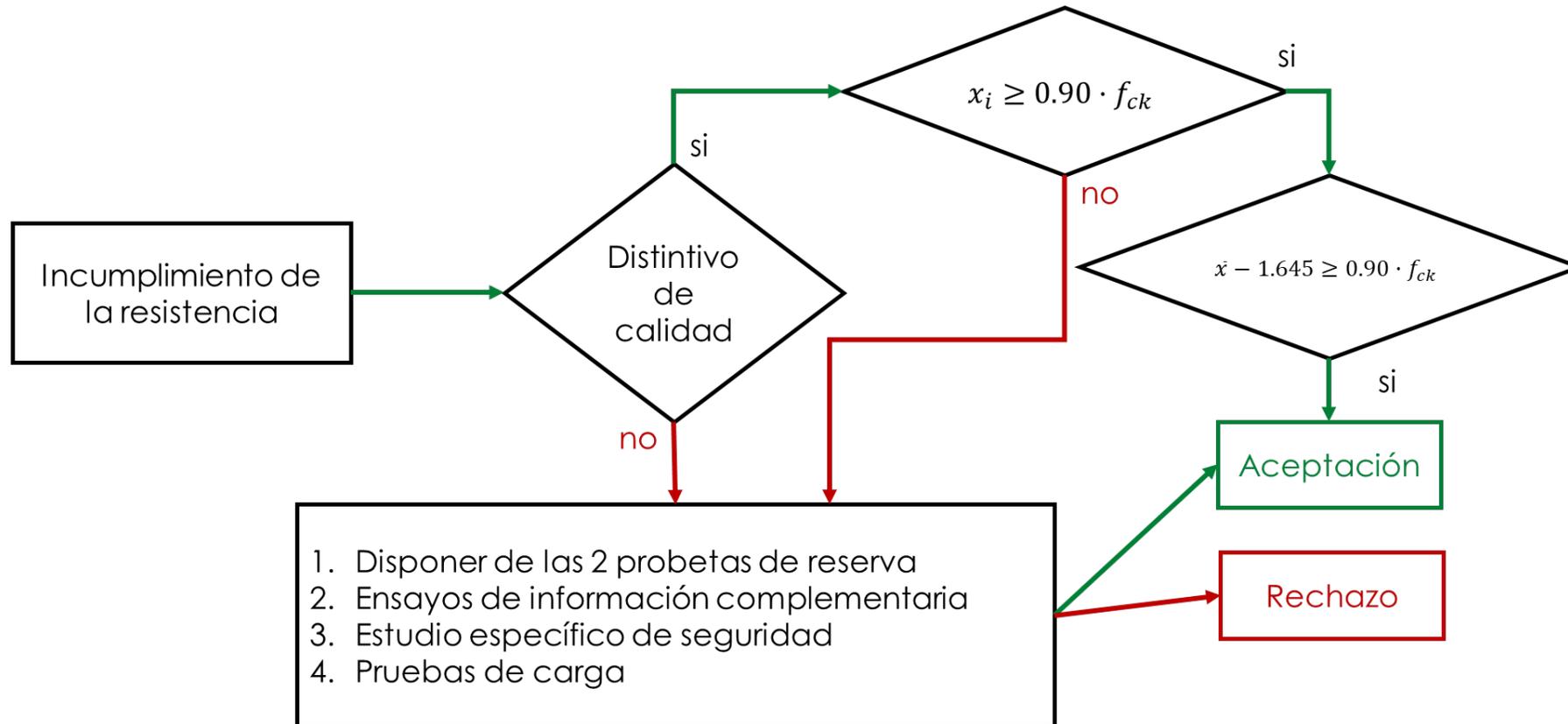
- Ensayo de contenido de aire
 - En ambientes XF2 y XF4
 - Al inicio y cada 6 meses, mientras dure el suministro



Control del hormigón. Criterios generales (II)



Decisiones derivadas del control de resistencia



Ensayos de información complementaria

- **No son preceptivos siempre.** Sólo cuando el control de resistencia no es conforme, cuando lo indique el proyecto o lo decida la Dirección Facultativa
- Pueden consistir en:
 - a) La extracción de **testigos del hormigón endurecido**
 - b) **Métodos no destructivos “fiables”** y complementarios a los testigos (correlacionados con ellos)
- En comentarios, se refiere a la determinación del índice de rebote y a la velocidad de ultrasonidos
- **La fiabilidad de este método está condicionada a combinar las END con testigos**

Factores que afectan a los testigos

- El nivel del daño del **propio proceso de extracción**
- La **esbeltez** del testigo
- Presencia de **armaduras**
- **Dirección del eje del testigo** respecto a la dirección de hormigonado
- Contenido de **humedad**
- **Edad** del hormigón
- Se admite que la resistencia del testigo es, al menos, un 10% inferior a la del hormigón de la estructura

[Comentarios Art. 57.8 Código]



Control del acero para armaduras pasivas

Mientras no haya marcado CE:

1. **Control documental** (igual que cualquier otro producto)
2. **Control mediante DCOR**
3. **Control experimental**, en su caso, si no tiene DCOR:
 - Tamaño máximo del lote: 30 T / serie y forma de suministro (antes era 40T \Rightarrow aumento de ensayos)
 - 2 barras/lote
 - Sobre cada barra:
 - Tracción
 - Doblado-desdoblado
 - Masa por metro
 - Geometría de corrugas
 - Fatiga y cargas cíclicas en el caso de aceros SD
 - Si el suministro es superior a 300 T, **composición química de 1 de cada 4 lotes**

Control del acero para armaduras pasivas

Criterios de conformidad ensayos mecánicos y geométricos:

- Criterio: cumplimiento especificación Código
- Si hay un solo incumplimiento, se tomará una serie adicional de 5 probetas del mismo lote.
- Si vuelve a aparecer un incumplimiento, se rechaza el lote.

Criterios de conformidad ensayos químicos:

- Acero UNE-EN 10.080
 - $\%C_{\text{ensayo}} = \% C_{\text{certificado}} \pm 0,03$
 - $\%C_{\text{eq ensayo}} = \% C_{\text{eq certificado}} \pm 0,03$
 - $\%P_{\text{ensayo}} = \% P_{\text{certificado}} \pm 0,008$
 - $\%S_{\text{ensayo}} = \% S_{\text{certificado}} \pm 0,008$
 - $\%N_{\text{ensayo}} = \% N_{\text{certificado}} \pm 0,002$
 - $\%Cu_{\text{ensayo}} = \% Cu_{\text{certificado}} \pm 0,07$
- Acero Inox: desviación norma UNE-EN 10.088
- Si **hay incumplimiento: se ensayan los otros 3 lotes**

Control de las armaduras pasivas

- ✓ Las armaduras son las que deben cumplir el proyecto
 - ❑ características mecánicas
 - ❑ características de adherencia
 - ❑ características geométricas
- ✓ No es suficiente que cumpla en acero
 - ❑ *Los procesos de transformación alteran las prestaciones del acero*
 - Características mecánicas
 - Ductilidad
 - Adherencia
- ✓ Diferentes tipos de armadura
 - ❑ *Normalizadas: posible marcado CE*
 - ❑ *Ferralla: sin marcado CE previsto*
- ✓ Tratamiento independiente de la ubicación de la ferralla
- ✓ Toma de muestras en la instalación

Control de las armaduras normalizadas

Mientras no haya marcado CE: Objetivo: conformidad con el Código

1. **Control documental** (igual que cualquier otro producto)
2. **Control mediante DCOR**
3. **Control experimental**, en su caso, si no tiene DCOR:
 - Pueden tomarse muestras de control, preventivas y de contraste
 - Envejecimiento artificial de las probetas



Control experimental de las armaduras normalizadas

Mientras no haya marcado CE: Objetivo: conformidad con el Código

1. Control previo al suministro

- Documentación general (DCOR, marcado CE, en su caso, etc.)
- Certificado de adherencia siempre que el proyecto haya usado las longitudes de anclaje correspondientes. Antigüedad máxima de 36 meses.
- En estructuras sometidas a la fatiga, informe de ensayos de características SD con antigüedad no superior a 1 año.

2. Control documental durante el suministro

- Hoja de suministro
- Identificación del acero coherente con la armadura.
Trazabilidad



Control experimental de las armaduras normalizadas

Mientras no haya marcado CE: Objetivo: conformidad con el Código

3. Control experimental durante el suministro

- Tamaño del lote: 30 T /tipo y serie de diámetros
- Ensayos:
 - ✓ Tracción
 - ✓ Doblado – desdoblado
 - ✓ Masa por metro
 - ✓ Geometría de corruga
 - ✓ Cortante en cizalladura o despegue de nudo
 - ✓ Dimensiones
 - ✓ Número de elementos (sólo en mallas)
- Criterios de aceptación equivalentes al acero (serie adicional de 5 probetas)

4. Certificado de suministro

TIPOS DE ARMADURAS PASIVAS: FERRALLA

SUMINISTRO

ELABORACIÓN

ARMADO

MONTAJE

PROCESOS

ACERO

FERRALLA
ELABORADA

FERRALLA
ARMADA

ARMADURA
PASIVA

PRODUCTOS



Control de la ferralla (elaborada o armada)

- El Constructor comunicará al ferralla el cronograma de la obra
- El ferralla comunicará su programa de fabricación
- **Esquema de control**
 - 1. Control previo al suministro**
 - Documental
 - Inspección instalaciones
 - Planillas de despiece
 - 2. Control durante el suministro**
 - Documental
 - Experimental. Características mecánicas y de adherencia
 - Experimental. Características geométricas
 - Experimental. En caso de soldadura resistente
 - 3. Control después del el suministro**
 - Certificado



Control de la ferralla. Previa al suministro

- **Documental:**
 - certificado de DCOR, en su caso
 - certificado adherencia, en su caso (3 años)
 - certificado de homologación/cualificación soldadores
- **Inspección de las instalaciones**
 - obligatorias en ferrallas de obra
 - puede requerirse los registros del autocontrol
- **Planillas de despiece**
 - obligatoria si el despiece lo hace el ferralla

Control de la ferralla. Durante el suministro

- **Documental:**
 - hoja de suministro
- **Experimental**
 - exención en caso de distintivo de calidad
 - control similar al del acero:
 1. mecánico
 2. adherencia (*puede hacerlo la ECC*)
 3. geometría
- **Lotes y ensayos mecánicos (lote cada 25 T)**

Comprobación de las características mecánicas y de adherencia mediante ensayos		
PROCESOS	Sin enderezado	Con enderezado
Sin soldadura (ferralla elaborada y ferralla armada mediante atado con alambre)	La dirección facultativa podrá eximir los ensayos	Tracción Geometría superficial
Con soldadura (ferralla armada mediante soldadura no resistente)	Tracción Doblado simple o doblado-desdoblado	Tracción Doblado simple o doblado-desdoblado Geometría superficial

Control de la ferralla. Durante el suministro

- En cada lote, **comprobaciones mecánicas y de adherencia**:
 - 4 ensayos de tracción
 - 4 ensayos de doblado´ - desdoblado o doblado simple
 - 2 ensayos de geometría superficial
- En caso de algún incumplimiento:
 - Se realizarán el doble de ensayos
 - Si vuelve a haber incumplimiento, se rechazará el lote

 - 4 ensayos de tracción
 - 4 ensayos de doblado´ - desdoblado o doblado simple
 - 2 ensayos de geometría superficial

Control de la ferralla. Durante el suministro

- Además, en cada lote, **comprobaciones dimensionales:**
 - 15 unidades de ferralla para control dimensional:
 - Diámetros
 - Alineación de elementos rectos
 - Diámetros de doblado, en su caso
 - En la ferralla armada, además:
 - Número de elementos (barras, estribos, etc.)
 - Distancias entre barras
- En caso de algún incumplimiento:
 - Se desecha la ferralla
 - Se revisa la totalidad del lote
 - Si vuelve a haber incumplimiento, se rechazará el lote

Control de la ferralla. Durante el suministro

- Además, **en el caso de soldadura resistente:**
 - Comprobar que la instalación tiene DCOR
 - En el caso de instalación de obra, comprobar que el nivel de ejecución debe ser intenso
 - Comprobaciones experimentales de conformidad del proceso, según UNE-EN ISO 17660-1

Control de la ejecución. Niveles de control

- El control de ejecución estará ligado al nivel de control y a la clase de ejecución [Art. 22º Código]
- La Dirección Facultativa puede adaptar el control a las características de la obra y autorizar valores diferentes

Nivel de trazabilidad	Nivel de control de ejecución de estructuras de hormigón (apartado 22.4)	Clase de ejecución de estructuras de acero (apartado 91.2)
Nivel A	Intenso	Clase 3 o 4
Nivel B	Normal	Clase 2

donde:

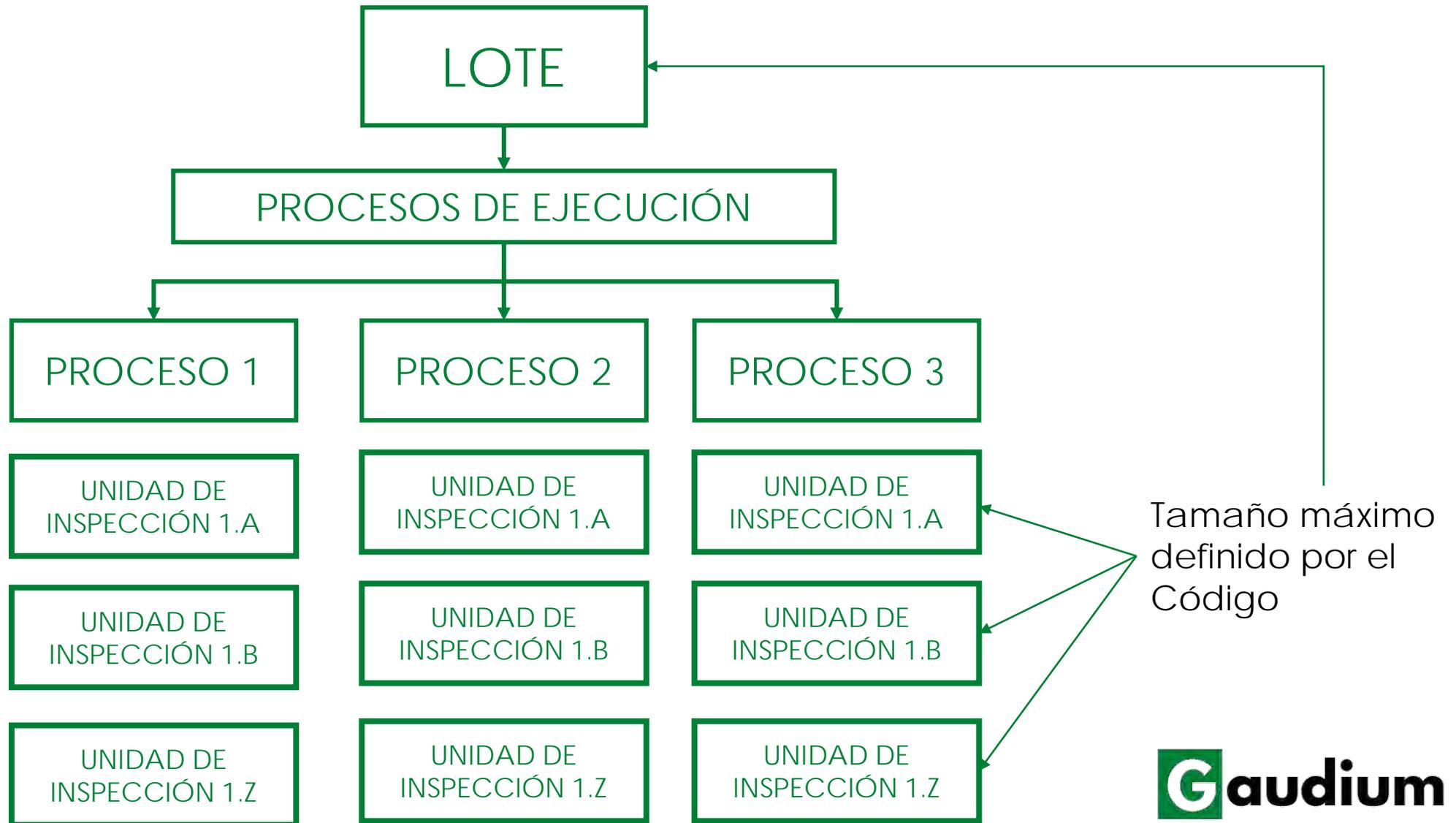
- el nivel A de trazabilidad permite relacionar cada partida o remesa con el elemento construido, mientras que
- el nivel B de trazabilidad permite relacionar cada partida o remesa con el lote de ejecución.

Tipo de elemento	Nº de elementos o dimensión
Cimentaciones en edificación, depósitos, chimeneas o torres	Elementos de cimentación correspondientes a 250 m ² de superficie, sin rebasar 10 elementos.
Cimentaciones de puentes	1 elemento de cimentación (zapata)
Vigas, forjados y otros elementos trabajando a flexión en edificación, depósitos, chimeneas o torres	250 m ² de superficie construida 2 plantas 50 m de muro de contención
Alzados de depósitos, chimeneas o torres	500 m ² de superficie de depósito 10 m de altura
Losa superior o inferior en marcos	totalidad del elemento (losa superior o losa inferior) 250 m ²
Pilares y muros portantes de edificación	250 m ² de superficie construida 2 plantas 50 m de muro
Alzados de pilas, estribos en puentes o muros en obras de ingeniería civil, construidos con encofrado convencional	1 pila / 1 estribo 1 hastial, en el caso de marcos 50 m de muro 10 m de altura 250 m ²
Pilas u otros elementos, construidas por trepado	1 trepa
Pilas u otros elementos construidas por deslizado	1 jornada
Tableros en general ejecutados in situ	1 vano 1 jornada de hormigonado 500 m ²
Losas in situ de tableros con elementos prefabricados y mixtos	1 vano 1 jornada de hormigonado 500 m ²
Tableros construidos por fases (o dovelas)	1 fase (o dovela)

Lotes de ejecución

- Lotes de ejecución:
 - Corresponderán a **partes sucesivas en el proceso** de ejecución de la obra,
 - **No se mezclarán elementos** de tipología estructural distinta,
 - El **tamaño** del lote no será superior al indicado en la **Tabla**, en función del tipo de elemento.

Unidades de inspección



Tipo de elemento	Procesos de ejecución						
	Encofrado	Montaje de armaduras pasivas	Operaciones de pretensado	Vertido y compactación	Desencofrado	Curado	Acabado
Elementos de cimentación con volúmenes inferiores a los 350 m³	Encofrado de cada elemento de cimentación	Armadura de cada elemento de cimentación	Montaje, tesado e inyección (en su caso) de cada una de las unidades de pretensado	Hormigón de cada elemento de cimentación	Desencofrado de cada elemento de cimentación	Curado del hormigón de cada elemento de cimentación	Acabado de la superficie vista del hormigón de cada elemento de cimentación
Elementos de cimentación con volúmenes superiores a los 350 m³	Encofrado de cada elemento de cimentación	Armadura montada en media jornada	Montaje, tesado e inyección (en su caso) de cada una de las unidades de pretensado	Hormigón procedente de cinco amasadas	Desencofrado de cada elemento de cimentación	Curado correspondiente a cada una de las juntas de hormigonado o a la superficie final del elemento	Acabado de la superficie vista del hormigón de cada elemento de cimentación
Alzados de pilares, y muros en edificación	Encofrado de cada pilar	Armadura de cada pilar	Montaje, tesado e inyección (en su caso) de cada una de las unidades de pretensado	Hormigón correspondiente a cada pilar	Desencofrado de cada pilar	Curado de la superficie de cada pilar	Superficie de cada pilar
	Encofrado de 5 m de muro, en su caso	Armadura correspondiente a 5 m de muro, en su caso		Hormigón correspondiente a 5 m de muro, en su caso	Desencofrado de 5 m de muro, en su caso	Curado correspondiente a 5 m de muro, en su caso	Superficie de cada 5 m de muro, en su caso
Alzados de pilas, estribos y muros en el caso de puentes	Encofrado de cada alzado de pilas o estribos	Armadura de cada pila o estribo	Montaje, tesado e inyección (en su caso) de cada una de las unidades de pretensado	Hormigón de cada pila o estribo, con un máximo de cinco amasadas	Desencofrado de cada alzado de pilas o estribos	Curado de la superficie de cada pila o estribo	Superficie de cada pila o estribo
	Encofrado de 5 m de muro, en su caso	Armadura correspondiente a 5 m de muro		Hormigón correspondiente a 5 m de muro, en su caso	Desencofrado de 5 m de muro, en su caso	Curado correspondiente a 5 m de muro, en su caso	Superficie de cada 5 m de muro, en su caso

Tamaño máximo unidad inspección

- **Tamaño máximo de la unidad de inspección**
- Ya se tiene:
 1. La obra dividida en lotes
 2. Identificados los procesos para cada lote
 3. Dimensionadas las unidades de inspección para cada proceso y lote
 4. **Solo falta definir el número de unidades de inspección a controlar**

Frecuencias de comprobación

Nivel de control normal										
Tipo de elemento	Procesos de ejecución									
	Montaje de armaduras pasivas		Vertido y compactación		Encofrado y desencofrado		Curado		Acabado	
	C.(1)	C.C.(2)	C.(1)	C.C.(2)	C.(1)	C.C.(2)	C.(1)	C.C.(2)	C.(1)	C.C.(2)
Elementos de cimentación con volúmenes inferiores a los 350 m ³	50%	10%	50%	10%	50%	10%	50%	10%	50%	10%
Elementos de cimentación con volúmenes superiores a los 350 m ³	50%	10%	50%	10%	50%	10%	50%	10%	50%	10%
Alzados de pilares y muros en edificación	15	3	3	1	1	1	3	1	3	1
Vigas, forjados y otros elementos trabajando a flexión en edificación	50%	10%	50%	10%	50%	10%	50%	10%	50%	10%
Losa superior e inferior de marcos										

Anejo 15

Frecuencias de comprobación de las unidades de inspección en la ejecución de estructuras de hormigón

Contenidos del capítulo

1	INTRODUCCIÓN	269
2	FRECUENCIAS DE COMPROBACIÓN DE LAS UNIDADES DE INSPECCIÓN	269
2.1	Frecuencias de comprobación en función del proceso de ejecución	269
2.2	Frecuencias de comprobación en función del tipo de elemento	271

(1) C.: Control= Control del constructor en la opción B de control definida en el Artículo 17 de este Código ó Control de la dirección facultativa en la opción A de control definida en el Artículo 17 de este Código.

(2) C.C: Control de contraste de la dirección facultativa, sólo en la opción B de control definida en el Artículo 17 de este Código.

Artículo 66 Control del proceso de montaje de las armaduras pasivas

El proceso de ferralla no comenzará hasta que la dirección facultativa haya aceptado:

- los planos de despiece previamente aprobados por el constructor,
- la totalidad de la documentación aprobada por el constructor en relación con los procesos de fabricación de las armaduras, los productos empleados para su fabricación y el suministrador.

En el caso de que se vayan a emplear procesos de soldadura, tanto en instalaciones como en obra, el control del constructor deberá comprobar:

- la cualificación del coordinador de soldeo, según la norma UNE-EN ISO 14731, tanto para soldadura no resistente como resistente,
- la cualificación de los soldadores, según se indica en las normas UNE-EN ISO 17660-1, para soldaduras resistentes y UNE 17660-2 para soldadura no resistente,
- la cualificación del procedimiento de soldeo, tanto para soldadura no resistente como resistente, de acuerdo con los apartados 49.4.3.2 y 49.5.2.5, respectivamente.

En el caso de empleo de dispositivos para el empalme mecánico, se recabará del constructor el correspondiente certificado, firmado por persona física, en el que se garantice su comportamiento mecánico.

Sobre el proceso de elaboración, armado y montaje de las armaduras pasivas el control del constructor efectuará, al menos, las verificaciones siguientes acordes con el Artículo 49:

- inexistencia de defectos superficiales o grietas,
- diámetros de armaduras,
- despieces,
- atado y posicionamiento longitudes de anclaje y de empalme (solapo, soldadura resistente, empalmes mecánicos...),
- distancias libres entre barras.

Antes del inicio del suministro a la obra de las armaduras desde la instalación de ferralla, se establecerá un punto de parada hasta que, una vez efectuado el control de contraste bajo la supervisión de la dirección facultativa, se haya aceptado la conformidad de:

- la armadura elaborada y la ferralla armada,

Ejemplo de criterio de conformidad de proceso de ejecución

Muchas gracias

Fernando Rodríguez García
frg@gaudium-ingenieros.com
616. 658. 759

