

**ESPECIAL**  
**INSTRUCCIÓN DE HORMIGÓN**  
**ESTRUCTURAL EHE-08 (Parte II)**

**ENTREVISTA**

**Andrés Doñate Megías**

Presidente de la Comisión Permanente del Hormigón



NUEVA NORMA

# AENOR

www.aenor.es ■ 902 102 201 ■ comercial@aeonor.es

La Norma UNE-EN ISO 9001:2008 le permite implantar un sistema de gestión de la calidad orientado a mejorar continuamente la eficacia de su empresa y a satisfacer las expectativas de sus clientes.

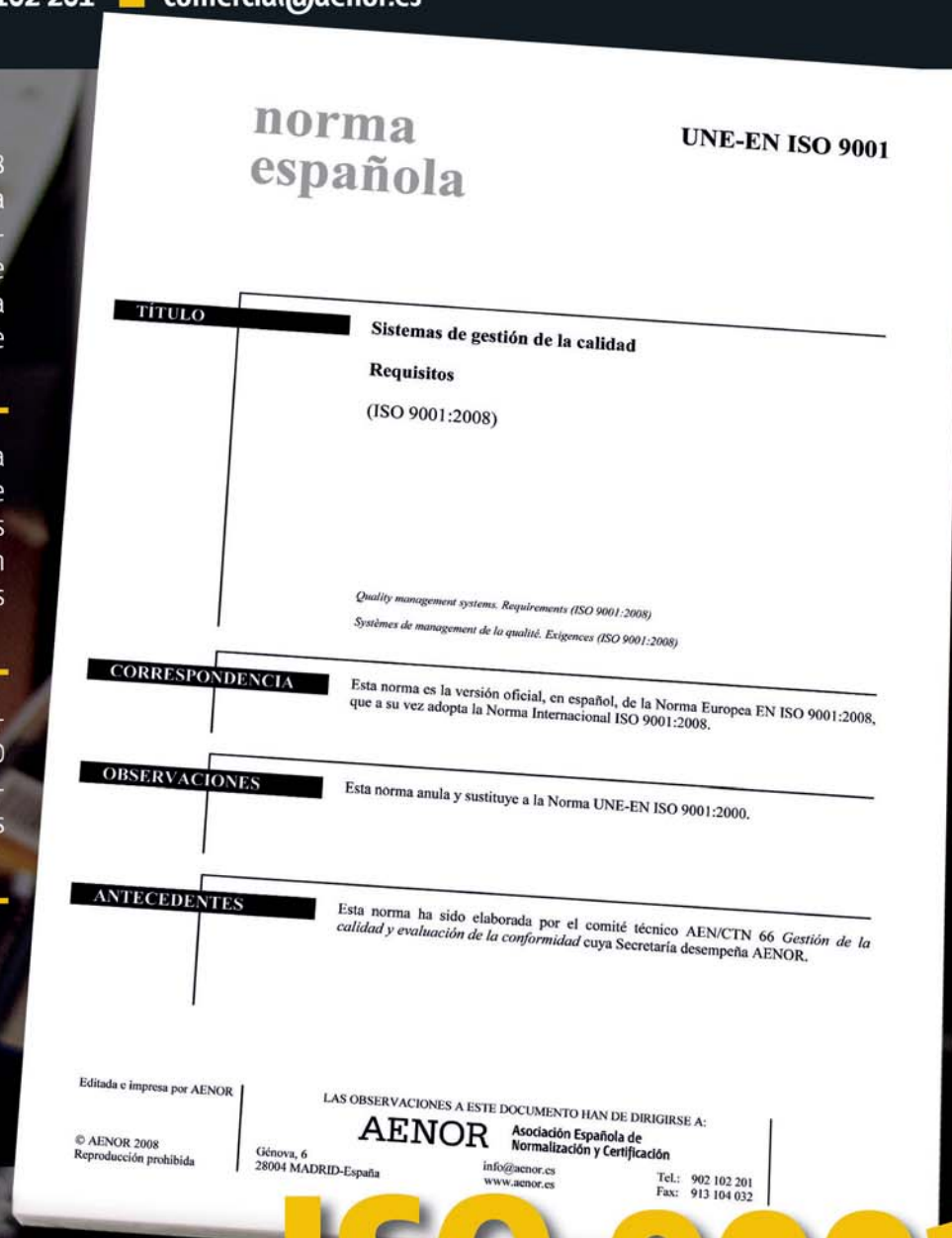
La nueva edición de la norma es el fruto de la experiencia de su aplicación y de los cambios producidos en la sociedad, en el entorno empresarial y en las herramientas de gestión.

Mantiene los requisitos desarrollados en la versión del año 2000 pero introduce una serie de modificaciones que la hacen más clara y comprensible.

Contenido:

- Sistemas de gestión de la calidad
- Responsabilidad de la dirección
- Gestión de los recursos
- Realización del producto
- Medición, análisis y mejora
- Cambios entre ISO 9001:2000 e ISO 9001:2008

2008 • 31,93 €



# ISO 9001

La herramienta internacional  
para la mejora continua

¡NUEVA VERSIÓN YA DISPONIBLE!



AENOR  
certifica  
sistemas de  
gestión de  
la calidad

AENOR Asociación Española de  
Normalización y Certificación

# Sumario

Zuncho es una revista técnica especializada en la fabricación, investigación, transformación y uso del acero para estructuras de hormigón, que se edita cuatro veces al año.

#### DIRECTOR DE LA PUBLICACIÓN:

Julio José Vaquero García

#### COORDINADORA EDITORIAL

Raquel Martín-Maestro Arranz

#### ASESORES:

Juan Jesús Álvarez Andrés

Ignacio Cortés Moreira

Antonio Garrido Hernández

Enric Pérez Plá

Valentín Trijueque y Gutiérrez de los Santos  
Luis Vega Catalán

#### EDICIÓN:

CALIDAD SIDERÚRGICA, S.L.

C/ Orense 58, 10º C

28020 Madrid

#### DISEÑO, PRODUCCIÓN Y PUBLICIDAD:

Advertising Label 3, S.L. (ALCUBO)

Tel.: 91 553 72 20

Fax: 91 535 38 85

#### IMPRESIÓN:

MEDINACELI PRINTER, S.L.

Depósito legal: M-43355-2004

ISSN: 1885-6241

*Las opiniones que se exponen en los artículos de esta publicación son de exclusiva responsabilidad de sus autores, no reflejando necesariamente la opinión que pueda tener el editor de esta revista. Queda terminantemente prohibido la reproducción total o parcial de cualquier artículo de esta revista sin indicar su autoría y procedencia.*

## 2 EN PORTADA

- Entrevista a: D. ANDRÉS DOÑATE MEGÍAS, Presidente de la Comisión Permanente del Hormigón.

## 9 REPORTAJES

### La Instrucción de Hormigón

#### Estructural EHE-08

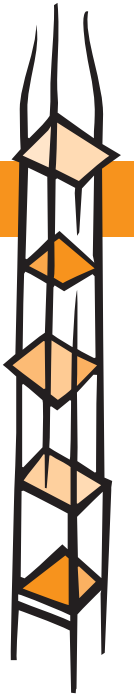
- Durabilidad, vida útil y mantenimiento.
- Ejecución en la EHE-08.
- Los Anejos en la Instrucción EHE-08.
- Los distintivos de calidad oficialmente reconocidos.
- Contenidos de carácter industrial.

## 56 NOTICIAS

- El acero y el hormigón tienen una nueva web de referencia: Portal-Watch.es
- La producción mundial del acero cae un 1,2 % en 2008.
- El consumo de cemento cierra 2008 con una caída histórica del 24 %
- Tres empresas obtienen el distintivo FerraPlus.







Entrevista a:  
**D. ANDRÉS DOÑATE MEGÍAS,**  
 Presidente de la Comisión Permanente del Hormigón.

## EHE-08: UN PROYECTO DE TODOS

*Andrés Doñate es Subdirector General de Normativa, Estudios Técnicos y Análisis Económicos de la Secretaría General Técnica del Ministerio de Fomento, institución a la que pertenece desde el año 1977.*

*Aunque desde 1999 ocupa el cargo de Presidente de la Comisión Permanente del Hormigón, su vinculación a la misma se remonta al año 1980, lo que le ha llevado a participar en la redacción de importantes normativas como la EH-91, EP-93, EHE-98 y la vigente EHE-08.*

*Experiencia y conocimientos no le faltan. Cercano en el trato y trabajador incansable, destaca con orgullo que pertenece al cuerpo de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos del Estado, además de ser Economista.*

*Actor de primera línea en los seis años que ha llevado elaborar el texto reglamentario del que es objeto este especial, Andrés Doñate es todo un referente para comentar de forma clara y concisa el alcance de esta nueva norma, en la que se plantean nuevos enfoques para las estructuras de hormigón, algunos de ellos pioneros, como la contribución de éstas a la sostenibilidad.*

**Sr. Doñate, ¿podría explicarnos brevemente qué ha motivado esta nueva Instrucción EHE-08?. ¿Por qué era necesaria?**

La nueva Instrucción obedece a la necesidad de cumplir con una serie de objetivos que había establecido la Comisión Permanente del Hormigón desde el comienzo de los trabajos en el año 2002. Entre ellos, podemos citar:

- Adaptarla a la Directiva 89/106/CEE, relativa a la libre circulación de productos de construcción. En ese sentido, la aparición del marcado CE ha obligado a un replanteamiento íntegro de buena parte de la Instrucción como, por ejemplo, el control.
- Ser coherentes con el formato de seguridad de los Eurocódigos, y adaptarlo al Código Técnico de la Edificación.
- Incorporar el hormigón de alta resistencia, así como los forjados;
- Incluir nuevos criterios medioambientales y de sostenibilidad.
- Modificar el esquema de control, procurando disminuir el número de ensayos y potenciar el control de ejecución.
- Y considerar nuevos hormigones que no estaban hasta ahora: reciclados, autocompactantes, ligeros, fibras, etc.



## EN PORTADA

### *¿Qué ventajas aporta la nueva Instrucción?*

En principio, podría afirmarse con carácter general que todas las modificaciones y novedades van orientadas a dar ventajas a los usuarios de las estructuras, mediante la aplicación de una Instrucción más acorde con este tiempo, a la vez que se logra un planteamiento coherente con otras reglamentaciones de gran importancia, como es el caso del Código Técnico de la Edificación.

Hay que resaltar que el carácter prestacional de la nueva EHE-08 permite una mayor libertad de los agentes, fundamentalmente los proyectistas y las Direcciones Facultativas, de manera que puedan dar soluciones alternativas a la propia EHE-08. En el fondo, ello no es sino la evolución lógica del espíritu de las anteriores instrucciones que, en su artículo 1º ya contemplaban un esquema similar.

La aprobación del Código Técnico de la Edificación puso de manifiesto las posibilidades de empleo de reglamentaciones de carácter prestacional. Parecía conveniente que, en el caso de las estructuras de hormigón, el esquema fuera similar al planteado por éste o, al menos, compatible con él.

***“El alto nivel de participación ha permitido mejorar el texto de la Instrucción de manera sustancial. Ha sido un proyecto de todos”***

En ese sentido, hay que hacer un especial reconocimiento a la colaboración con las Administraciones de las diversas Comunidades Autónomas, recordemos que son las que tienen la competencia en el control de calidad en la edificación. La antigua Comisión Técnica para la Calidad de la Edificación (CTCE), hoy transformada en la SICE, se ha revelado como un instrumento vital para mantener y fomentar los cauces de colaboración interadministrativa en el ámbito de la construcción. La Comisión Permanente del Hormigón se ha sentido siempre objeto de una colaboración abierta en este ámbito y, en esta línea, una buena parte de las propuestas de la nueva EHE-08 han surgido de esta colaboración.

### ***La certificación de los materiales, productos y sistemas cobra un papel destacado en esta Instrucción, ¿cuál cree que será la acogida de los distintivos de calidad oficialmente reconocidos en el sector?***

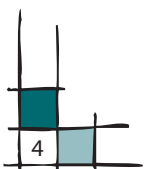
La nueva Instrucción apuesta de manera decidida por el fomento de la calidad y, en ese sentido, los distintivos de calidad que realmente lo sean, más allá de operaciones de marketing, y que avalen valores añadidos reales cobran una especial significación.

Por otro lado, los distintivos permiten dar una respuesta, técnicamente garante, a la petición de hacer menos ensayos en la obra, tal y como habían planteado las administraciones autonómicas.

Adicionalmente, la tradición en los distintivos de calidad, tanto en el ámbito reglamentario como en el sector privado, me conduce a pensar que la acogida por el sector será muy positiva, pues, por una parte, constituye una de sus demandas como medio de ofrecer mayores cotas de calidad en sus productos, posibilitando que en la recepción de los mismos se reduzcan cada vez más los ensayos, y, por otra, y desde el punto de vista del usuario, supone el mantenimiento de una cultura de la calidad que cada vez se hace más patente.

### ***Tras recibir más de 1.200 comentarios y realizar más de 650 modificaciones, ¿podemos decir que en esta Instrucción ha participado todo el sector?***

Desde el primer momento del inicio de los trabajos de revisión de la Instrucción, la preocupación por incrementar al máximo la participación de los agentes ha sido vital. Personalmente, di instrucciones a la Secretaría de la Comisión para que así fuera y ello se ha reflejado en varias fases del desarrollo de la nueva EHE-08.





Cuando se contó con un primer borrador, se puso a disposición de todos los agentes habilitando además, por primera vez, procedimientos electrónicos para que cualquier sector o técnico interesado pudiera hacernos llegar sus comentarios y propuestas. Las 1.229 aportaciones recibidas ponen de manifiesto el éxito del procedimiento.

Posteriormente, una segunda fase de información pública a los sectores relacionados se llevó a cabo durante el trámite de audiencia, que establece la Ley 50/1997, del Gobierno, en el procedimiento previo a su aprobación por el Consejo de Ministros.

Sin duda, nunca se había conseguido un nivel de participación tan amplio en ocasiones anteriores y, por ello, la Comisión está especialmente satisfecha de un procedimiento que, sin duda, ha per-

***“Los distintivos de calidad ofrecen mayores cotas de calidad en los productos, posibilitando que se reduzcan cada vez más los ensayos en obra”.***

mitido mejorar el texto de la Instrucción de una forma muy sustancial.

Por tanto, cabría considerar que en el proyecto han participado todos aquellos que han tenido interés, pues la Comisión Permanente del Hormigón ha procurado “abrir sus puertas” y actuar con la mayor transparencia posible durante la fase de elaboración del proyecto. Creo que podemos considerar que ha sido un proyecto de todos.



## EN PORTADA

***Desde su publicación en el BOE la Comisión Permanente del Hormigón ha realizado un enorme esfuerzo por difundir el contenido del nuevo texto reglamentario, ¿cuál ha sido el resultado de esta experiencia?***

En efecto, la Comisión Permanente del Hormigón ha efectuado un gran esfuerzo por difundir el texto de la nueva Instrucción y para ello ha organizado 19 jornadas de presentación a lo largo de todo el territorio nacional, con la colaboración de los sectores más relacionados con el hormigón estructural.

Según nuestras primeras estimaciones, en menos de tres meses se ha acercado el texto de la EHE-08 a más de 5.000 personas que han asistido a las diferentes jornadas. Así, los responsables de la elaboración de la Instrucción han podido trasladar directamente a los técnicos interesados sus aportaciones al texto. Ciertamente, estamos sorprendidos por el éxito de convocatoria que entendemos obedece al gran impacto de una reglamentación como la EHE-08.

En las Jornadas han participado no sólo los responsables de su elaboración, sino también representantes de sectores relacionados, y he de resaltar especialmente la participación, como ponentes, de responsables de las Administraciones Autonómicas en los ámbitos relacionados básicamente con el control de calidad.

***La Instrucción incide mucho sobre los controles a efectuar sobre todos los aspectos relacionados con el proyecto y la ejecución de la estructura, sin embargo se echa en falta alguna referencia a la formación mínima que deberían tener los trabajadores para reducir los errores humanos en esta última fase. ¿Desde su punto de vista, cuáles deberían ser las acciones a tomar en el futuro para solucionar esta situación?***

Debido al gran impacto de la EHE-08, a veces se le pide a la Comisión Permanente del Hormigón que estudie y resuelva temas que no están en su ámbito de actuación. Ésta no puede abordar cualquier asunto, aun cuando se considere muy importante. Hay que recordar que se trata de un órgano colegiado de las Administra-

ciones Públicas cuyo ámbito de actividad y funciones se encuentran regulados en una disposición normativa con rango de Real Decreto.

***“Con la EHE-08 las entidades de control de calidad tienen unas actividades concretas que desarrollar en el transcurso de la obra”***

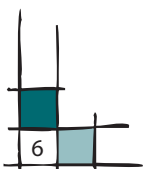
***Existen dudas sobre si la Instrucción EHE-08 podrá suponer un incremento en los costes de ejecución de las estructuras ¿Es eso cierto?***

Al finalizar los trabajos de la Instrucción el Ministerio de Fomento encargó un estudio sobre la repercusión de costes económicos que pudiera suponer su implantación. Según los resultados del mismo, elaborados por la Secretaría de la Comisión a partir de una serie de cálculos efectuados en la Universidad Politécnica de Cataluña, la nueva EHE-08 supone una reducción de costes, fundamentalmente ligados a la disminución potencial de cuantías de armado como consecuencia de la adopción del formato de seguridad de los Eurocódigos.

Por tanto, esas dudas que ustedes expresan quedaron despejadas en base a dichos estudios.

***Es importante advertir que los procesos de control, tanto del proyecto de la ejecución como de la producción son exhaustivos con la nueva Instrucción. ¿Qué mecanismos de control están previstos para comprobar que estas exigencias se respetan y que consecuencias prevé la legislación actual para aquellos que las incumplan?***

En efecto, la Instrucción afronta una modificación del control, procurando la optimización del esfuerzo que





se dedica a esta actividad mediante su reorientación desde los ensayos de productos hacia el control de proyecto y el control de ejecución.

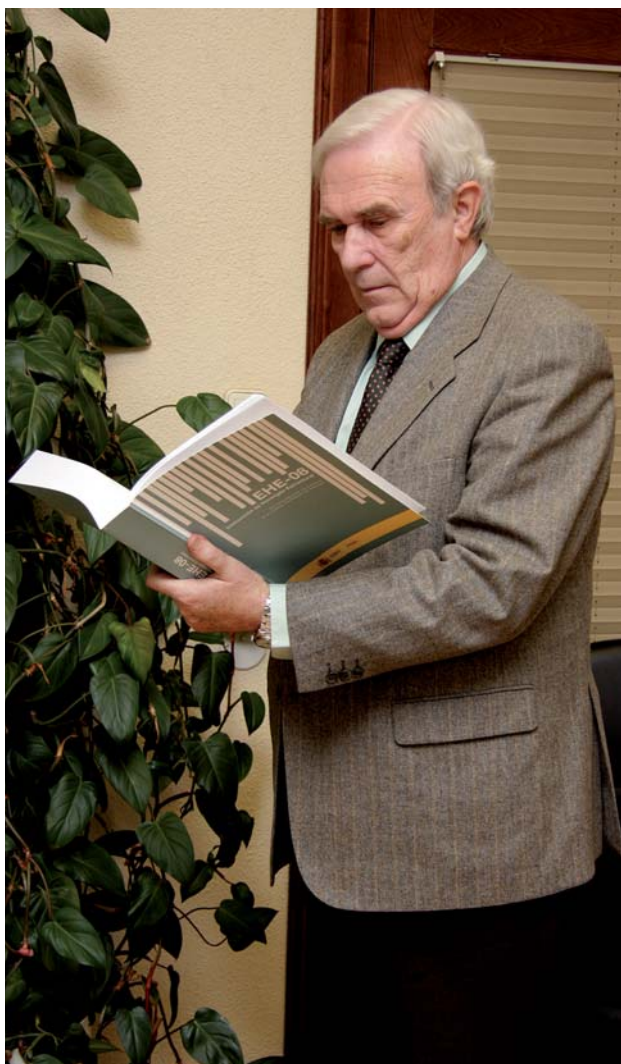
El cambio anterior, lo que supone un mayor esfuerzo de las Direcciones Facultativas, se basa en la entrada en escena de nuevos agentes que, en el ámbito de la edificación, ya fueron creados por la Ley de Ordenación de la Edificación en el año 1999. En concreto me refiero a las entidades de control de calidad que han venido existiendo sin unas funciones claramente establecidas y que ahora, con la nueva EHE-08, ya tienen unas actividades concretas que desarrollar en el transcurso de la obra.

***En la nueva Instrucción destaca el tratamiento dado a las armaduras pasivas y más concretamente a la ferralla armada. El sector de la ferralla industrializada ha realizado importantes esfuerzos de modernización en la última década, tanto en el equipamiento de sus instalaciones como en la implantación de sistemas de calidad, en la certificación de sus procesos o en la creación de marcas como FerraPlus. Desde su punto de vista, ¿los criterios adoptados se mantendrán en el futuro en el caso de que se implante definitivamente el sistema del mercado CE y el de los Eurocódigos estructurales?***

La EHE-08 incide de forma decidida en los procesos de ejecución y en los nuevos productos que son resultados de aquéllos. La ferralla, que apareció tímidamente en el articulado de la anterior EHE, cobra ahora una especial significación.

***“FerraPlus puede ser un ejemplo de iniciativa por la calidad desde el ámbito privado”***

Por otra parte, es también cierto que una buena parte del sector de la ferralla ha hecho esfuerzos im-



portantes para la implantación de distintivos de calidad y, en ese sentido, FerraPlus puede ser un ejemplo de iniciativa por la calidad desde el ámbito privado.

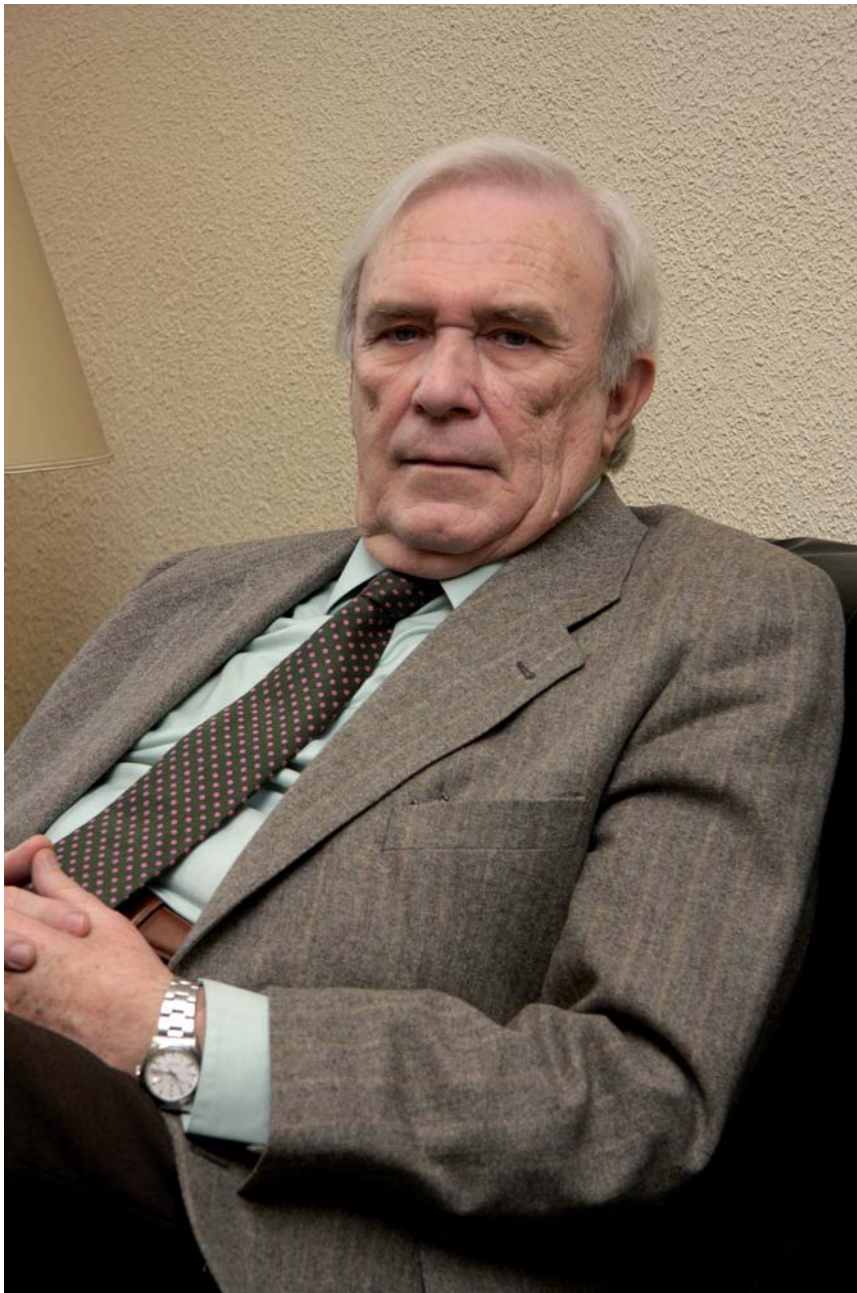
Sin embargo, no está previsto que la ferralla tenga marcado CE en un futuro próximo, por lo que la certificación de la ferralla y el tratamiento de los procesos que hace la Instrucción no deben verse afectados por la aplicación de la Directiva en los próximos años. En relación con los Eurocódigos, la Instrucción se alinea perfectamente con su planteamiento por lo que tampoco debe haber problemas de discrepancia.

En cualquier caso, cabe recordar que los Eurocódigos son normas voluntarias.



## EN PORTADA

Por otro lado, me gustaría aclarar que no es cierto que haya una fecha en el año 2010, tal y como que se ha afirmado en algunos ámbitos, para la sustitución de la EHE-08 por los Eurocódigos. Dicha fecha no es sino el límite para que, en el caso de España, AENOR eliminara si existieran, que no es el caso, las normas voluntarias, en nuestro país UNE's, que entraran en conflicto con los Eurocódigos. Pero la EHE-08 no es una norma voluntaria de AENOR, sino un Real Decreto aprobado por el Gobierno.



***Nuestros lectores nos han trasladado dudas sobre los criterios a seguir durante el periodo transitorio previsto por el Real Decreto 1247/2008 en relación a estudios previos, proyectos básicos, órdenes de encargo, etc. ¿Podría aclararnos este aspecto?***

Creo que no da lugar a interpretaciones del texto de Disposición transitoria única del Real Decreto 1247/2008, de 18 de julio, que aprueba la Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08, pues, en mi opinión, resulta muy claro, así:

La Instrucción es aplicable para cualquier proyecto iniciado a partir del 1 de diciembre de 2008. En el caso de los proyectos que ya estén en marcha o encargados antes de dicha fecha, estarán de acuerdo con la anterior Instrucción.

En relación con las obras, aquellas que sean desarrollo de proyectos redactados en base a la anterior EHE, se construirán de acuerdo con dicha Instrucción siempre que el inicio de las mismas sea previa a:

- El 1 de diciembre de 2009, en el caso de obras de edificación, y
- El 1 de diciembre de 2011, en el caso de obras de ingeniería civil.

En el caso de que las obras no se iniciaran antes de las fechas anteriores, será necesario adaptar el correspondiente proyecto a la nueva EHE-08. ■



# DURABILIDAD, VIDA ÚTIL Y MANTENIMIENTO

Redacción Zuncho

La Instrucción EHE fue, sin lugar a dudas, la “Instrucción de la durabilidad” en la que se le daba una relevancia especial a este aspecto, se definían las clases de exposición ambiental y se introducían éstas en la designación del hormigón, entre otras cuestiones. La nueva Instrucción EHE-08 consolida estos aspectos e introduce algunas novedades que van a enumerarse en este artículo.

La EHE-08 da un paso más al contemplar todas las etapas del ciclo de vida de la estructura: proyecto, ejecución y vida de servicio, interrelacionadas todas ellas entre sí, incorporando un nuevo capítulo dedicado al mantenimiento. Y es que las decisiones adoptadas en cada etapa deben tener en cuenta las previsiones de mantenimiento que van a adoptarse para que la estructura mantenga sus prestaciones a lo largo de su vida útil.

## ESTADO LÍMITE DE DURABILIDAD

Las acciones físicas y químicas que se ejercen sobre la estructura de hormigón pueden afectar, en mayor o menor medida, a los materiales componentes de ésta y degradar sus características, por lo que se ha considerado pertinente tenerlo en cuenta mediante la incorporación de un nuevo Estado Límite de Durabilidad.

Mediante procedimientos de carácter semiprobabilista se comprueba el fallo de la estructura como consecuencia de los procesos de degradación que se pueden producir sobre el hormigón o las armaduras, alcanzando un nivel tal que impida que ésta

se comporte de acuerdo con las hipótesis con las que hubiese sido proyectada.

En definitiva, se trata de comprobar que el tiempo necesario para que el agente agresivo produzca un ataque o degradación significativa,  $t_L$ , sea igual o superior al valor de cálculo de la vida útil,  $t_d$ , que de forma simplificada se toma igual a la vida útil de proyecto,  $t_g$ , multiplicada por un coeficiente de seguridad,  $\gamma_t = 1,10$ .

$$t_L \geq t_d = \gamma_t \cdot t_g = 1,10 t_g$$

En función de la clase o clases de exposición ambiental a la que pueda estar expuesta la estructura debe identificarse el proceso de degradación predominante, y emplear un modelo que permita evaluar el grado de deterioro que puede alcanzarse con el paso del tiempo.

En estos momentos no existen modelos de deterioro para todos los posibles procesos de degradación de las estructuras de hormigón, pero sí para los más usuales y conocidos, como es el caso de la corrosión de las armaduras, recogido en el Anejo 9 de la EHE-08.

Debido a esta circunstancia, se admite la aplicación de los criterios establecidos en el artículo 37.2 como alternativa a la verificación de la durabilidad de la estructura mediante el sistema de los Estados Límite.

## Modelos de durabilidad para los procesos de corrosión

En el Anejo 9 se contempla un modelo de durabilidad para los procesos de corrosión de las armaduras producidos tanto por carbonatación del hormigón, como por penetración de cloruros.



## REPORTAJES

Se adopta el conocido modelo de *Tuutti* 1982 [2] en el que se considera que la vida útil,  $t_L$ , de una estructura de hormigón armado se mantiene mientras ésta conserve los requisitos del proyecto sobre seguridad, funcionalidad y estética sin costes inesperados de mantenimiento. En el caso de la corrosión de armaduras este modelo divide la vida útil en dos periodos: el de iniciación,  $t_i$ , y el de propagación,  $t_p$ .

$$t_L = t_i + t_p$$

El **periodo de iniciación** es el tiempo que tarda el frente de penetración del agresivo en llegar hasta la armadura y despasivarla. Tanto la carbonatación como la penetración de cloruros son procesos de difusión en el hormigón a través de sus poros, que pueden ser modelizados como una relación que depende de la raíz cuadrada del tiempo.

$$d = K \sqrt{t}$$

El **periodo de propagación** comienza una vez que las armaduras se han despasivado y durante el mismo se produce la corrosión de la armadura hasta alcanzar un valor límite de deterioro, que puede establecerse en una determinada pérdida de sección del acero o bien en la aparición de fisuras en el recubrimiento. El tiempo de propagación puede estimarse como una función que depende del espesor de recubrimiento,  $d$ , del diámetro de la armadura,  $\phi$ , y de la velocidad de corrosión,  $v_{corr}$ .

$$t_p = \frac{80}{\phi} \cdot \frac{d}{v_{corr}}$$

Por lo tanto, el tiempo total, suma del periodo de iniciación y de propagación de la corrosión se puede estimar mediante la siguiente expresión:

$$t_L = t_i + t_p = \left( \frac{d}{K} \right)^2 + \frac{80}{\phi} \cdot \frac{d}{v_{corr}}$$

En el texto reglamentario se proporcionan todos los coeficientes necesarios para poder hacer una primera aproximación, incluso

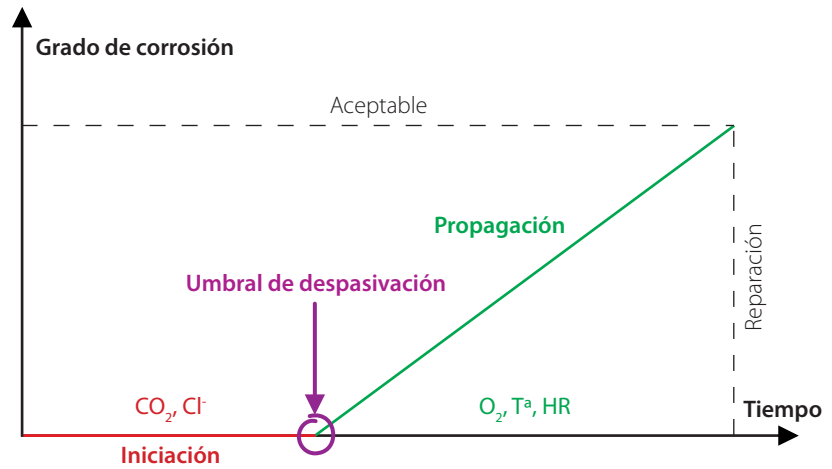


Figura 1.- Modelo de vida útil de Tuutti [2].

en el caso más habitual en el que no se disponga de datos experimentales para algunos de los parámetros que intervienen en el proceso.

## VIDA ÚTIL

Por vez primera la Instrucción establece unos criterios para que la Propiedad pueda fijar ya desde la fase de proyecto la vida útil de una estructura, entendiendo como tal el periodo de tiempo durante el cual ésta debe mantener el cumplimiento de las exigencias establecidas para ella (seguridad y funcionalidad estructural, seguridad en caso de incendio, y otras adicionales como las estéticas), con unas operaciones normales de conservación que no hagan precisas operaciones de rehabilitación.

Dado que una estructura puede estar constituida por diferentes partes, se pueden adoptar valores diferentes de la vida útil para cada una de ellas, en función del tipo y características de la construcción de las mismas.

## CLASES DE EXPOSICIÓN AMBIENTAL

Se mantiene la misma definición de tipo de ambiente como combinación de una clase general de exposición, relacionada con procesos de corrosión de las armaduras, y una o varias clases específicas de exposición relacionadas con otros procesos de deterioro como ataque químico, acción del hielo y erosión.

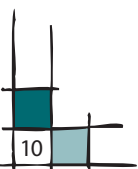


Tabla 1.- Vida útil nominal de diferentes tipos de estructuras.

Tipo de estructura	Vida útil nominal
Estructuras de carácter temporal	3 a 10 años
Elementos reemplazables que no formen parte de la estructura principal	10 a 25 años
Edificios e instalaciones agrícolas o industriales y obras marítimas	15 a 50 años
Edificios de viviendas y oficinas	50 años
Edificios públicos (hospitales, centros de salud, colegios, universidades)	75 años
Edificios de carácter monumental o de importancia especial	100 años
Estructuras de ingeniería civil (excepto obras marítimas) de repercusión económica baja o media	50 años
Puentes y estructuras de ingeniería civil de repercusión económica alta	100 años

Aunque las clases siguen siendo las mismas, se ha tratado de ser más preciso en la definición de la clase III de exposición marina, que se extendía hasta una distancia de 5 km de la costa, dado que puede presentarse una gran casuística en la que influyen la orografía del terreno, la salinidad del mar o la intensidad del viento, entre otros parámetros. Así, se admite que el Autor de Proyecto pueda considerar un ambiente distinto del IIIa (clase marina aérea) para estructuras que se encuentren a una distancia de la costa superior a 500 m, siempre que disponga de datos del comportamiento de otras estructuras ya existentes y ubicadas en condiciones similares.

## “Se establecen criterios para que la Propiedad pueda fijar desde el proyecto la vida útil de una estructura”

### ESTRATEGIAS DE DURABILIDAD

Se mantienen las estrategias de durabilidad definidas en la anterior Instrucción EHE:

- Selección de formas estructurales adecuadas.
- Consecución de una calidad adecuada del hormigón y, en especial, de su capa exterior.
- Adopción de un espesor de recubrimiento adecuado.
- Control máximo de la abertura de fisura.
- Disposición de protecciones superficiales en el caso de ambientes muy agresivos.
- Adopción de medidas de protección de las armaduras frente a la corrosión.





## REPORTAJES

### Recubrimientos

Se mantiene el mismo planteamiento que en la Instrucción EHE con ligeras modificaciones y algunas novedades, que se presentan a continuación.

La primera de ellas es la incorporación de una nueva limitación al establecer los valores de recubrimiento mínimo que afecta a las superficies límite de hormigonado que en situación definitiva vayan a quedar embebidas en la masa del hormigón. En ellas el recubrimiento no será inferior al diámetro de la barra (o al diámetro equivalente, en el caso de grupos de barras), ni a 0,8 veces el tamaño máximo del árido.

En cuanto a los valores de los espesores de recubrimiento éstos se hacen depender no sólo de la resistencia característica del hormigón y del tipo de ambiente de exposición, sino también del tipo de cemento y de la vida útil del proyecto. Como novedad es digno de mencionar que, a diferencia de la anterior Instrucción, se hace distinción entre los recubrimientos necesarios cuando el mecanismo de deterioro es la corrosión de las armaduras (ambientes II y III), de aquellos otros precisos para otros mecanismos de degradación (ambientes H, F, E, Q).

En el caso de que se adopten medidas especiales de protección frente a la corrosión de las armaduras (recubrimientos epoxi, galvanización, protección catódica, etc.) se admite la reducción de los espesores de recubrimiento correspondientes a las clases generales III y IV a los valores correspondientes a la clase IIb.



El empleo de este tipo de medidas puede ser imprescindible en puentes y obras de ingeniería civil de repercusión económica alta, ya que los valores necesarios de recubrimiento para alcanzar la vida útil de 100 años son tan elevados que la propia Instrucción los desaconseja desde el punto de vista de la ejecución. Asimismo, en obras situadas en ambiente marino esta medida permite el empleo de cementos tipo CEM I y CEM II/A con unos valores de recubrimiento razonables.

## *“El empleo de medidas de protección contra la corrosión en las armaduras permite reducir el espesor de recubrimiento”*

### Medidas especiales de protección

Además de contemplar el empleo de medidas de protección de las armaduras para evitar su corrosión, el texto reglamentario incluye criterios para evaluar la contribución de los morteros de revestimiento —usuales en el caso de forjados unidireccionales— al espesor real del hormigón que protege las armaduras. Estos criterios se recogen en el Anejo 9 y distinguen distintas alternativas para las clases generales de exposición IIa, IIb y IIIa, sin que existan clases específicas de exposición.

Se define un factor de equivalencia de recubrimiento,  $\lambda$ , por el que hay que multiplicar el espesor de mortero colocado para determinar el recubrimiento equivalente que puede sumarse al recubrimiento real de hormigón. Este factor  $\lambda$  depende de la velocidad de carbonatación o de la velocidad de penetración de cloruros, en función del tipo de ambiente (Tabla 3).

Para poder aplicar los valores propuestos para el factor de equivalencia los revestimientos han de ser compactos, impermeables, definitivos y permanentes; su espesor no debe superar los 20 mm y han de cumplir las exigencias establecidas en la Tabla 4.

Tabla 2.- Recubrimientos mínimos de las armaduras pasivas o activas pretesas.

Hormigón	Tipo de cemento	Vida útil de proyecto (años)	Clase general de exposición								
			I	IIa		IIb		IIIa	IIIb	IIIc	IV
				A	B	A	B				
Armado	CEM I	50	15	15	10	20	15	45	40	*	*
		100	25	25	20	30	25	65	*	*	*
	CEM II/B-S, B-P, B-V, A-D CEM III/A, CEM III/B CEM IV Empleo de adiciones al hormigón <sup>1)</sup>	50	15	20	15	25	20	25	30	25	35
		100	25	30	25	35	30	30	35	40	40
	Otros cementos	50	15	20	15	25	20	45	40	*	*
		100	25	30	25	35	30	65	*	*	*
Pretensado	CEM I	50	15	15	10	20	15	65	45	*	*
		100	25	25	20	30	25	*	*	*	*
	CEM II/A-D Empleo de adición de humo de sílice <sup>2)</sup>	50	15	20	15	25	20	30	35	40	40
		100	25	30	25	35	30	35	40	45	45
	Otros cementos	50	15	20	15	25	20	65	45	*	*
		100	25	30	25	35	30	*	*	*	*

A Hormigón de resistencia característica  $25 \leq f_{ck} < 40$  N/mm<sup>2</sup>  
 B Hormigón de resistencia característica  $f_{ck} \geq 40$  N/mm<sup>2</sup>  
 \* Estas situaciones obligarían a unos recubrimientos excesivos, desaconsejables desde el punto de vista de la ejecución del elemento. Se aconseja la comprobación del Estado Límite de Durabilidad.  
 1) En el caso de humo de sílice su contenido ha de ser superior al 6 %. Si la adición es de cenizas volantes su contenido ha de ser superior al 20 %.  
 2) En un porcentaje superior al 6 %.

Tabla 3.- Factor de equivalencia de recubrimiento para morteros.

$\lambda$	Ambiente IIa y IIb	Ambiente IIIa <sup>a)</sup>	
	Velocidad de carbonatación (mm/día <sup>1/2</sup> )	Velocidad de penetración de cloruros (mm/día <sup>1/2</sup> ) <sup>b)</sup>	Capilaridad (kg/m <sup>2</sup> h <sup>1/2</sup> ) <sup>c)</sup>
0,5	≤ 2,0	≤ 3,4	≤ 0,5
1,0	≤ 1,0	≤ 1,7	≤ 1,0
1,5	≤ 0,7	≤ 1,1	≤ 1,5
2,0	≤ 0,5	≤ 0,9	≤ 2,0

a) Los criterios de velocidad de penetración de cloruros y de capilaridad son alternativos.  
 b) Se recomienda el empleo del procedimiento descrito en el capítulo 3 de la norma AASTHO T259-80.  
 c) Según la recomendación RILEM CPC 11.2.

Tabla 4.- Características del mortero de revestimiento para poder ser considerado a los efectos de recubrimiento equivalente.

Característica	Requisito
Resistencia a flexotracción, según UNE-EN 1015-11	≥ 2 N/mm <sup>2</sup>
Modulo de elasticidad, según ASTM C 469	≤ 25.000 N/mm <sup>2</sup>
Retracción de secado, a los 28 días, según ASTM C157	≤ 0,04 %
Resistencia de adherencia, según UNE-EN 1542	≥ 0,8 N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente de dilatación térmica, según UNE-EN 1770	≥ 11,7 x 10 <sup>-6</sup> °C <sup>-1</sup>



## REPORTAJES

No obstante se pueden emplear otros revestimientos, o estos mismos en ambientes distintos a los anteriores, siempre que se garantice documentalmente sus prestaciones y el factor de equivalencia del revestimiento.

Aunque llegados a este punto la Instrucción EHE-08 no indica los procedimientos que pueden seguirse para efectuar esta evaluación, se puede seguir el procedimiento seguido por *Alaejos y Leiro, 2002* [3] para el establecimiento de los criterios anteriormente expuestos.

### Durabilidad del hormigón

El planteamiento sigue siendo similar al anterior con ligeras modificaciones.

En las limitaciones a los contenidos de agua y de cemento se reduce la relación agua/cemento máxima de los hormigones pretensados en ambiente IIIa de 0,50 a 0,45. Además, se da un tratamiento más riguroso a la utilización de coeficientes K de eficacia de las cenizas volantes utilizadas como adición al hormigón, que puede llegar a alcanzar el valor de 0,65.

Los valores de la profundidad máxima de penetración de agua bajo presión en el hormigón se modifican para contemplar dos grados diferentes de impermeabilidad en función de la clase de exposición ambiental (ver Tabla 5).

### Corrosión de las armaduras

El cambio más destacado se refiere al establecimiento de unas limitaciones al contenido de cloruros en el hormigón al final de su vida útil. Para hormigones armados y hormigones en masa con armaduras embebidas para el control de la fisuración esta limitación es del 0,6 % con relación al peso del cemento, mientras que para hormigones pretensados esta cantidad se reduce a la mitad, es decir, 0,3 %.

➔ **Tabla 5.-** Especificaciones del ensayo de penetración de agua para hormigón.

Clase de exposición ambiental	Profundidad máxima (mm)	Profundidad media (mm)
IIIa, IIIb, IV, Qa, E, H, F	50	30
Qb (para elementos de hormigón en masa o armados)		
IIIc, Qc	30	20
Qb (para elementos de hormigón pretensado)		

Se hace notar que esta especificación no figura en las primeras ediciones del texto reglamentario, debido a que su aparición se produce a raíz de la corrección de erratas al R.D. 1247/2008, publicada en el B.O.E. de 24 de diciembre de 2008.

## MANTENIMIENTO

La Instrucción EHE-08 incorpora un nuevo capítulo dedicado al mantenimiento de las estructuras, entendido como el conjunto de actividades que es necesario llevar a cabo para que a lo largo de su vida útil se mantenga el nivel de prestaciones previsto en proyecto.

Se trata, por tanto, de una actividad de carácter preventivo para evitar o retrasar la aparición de problemas, eludiendo así tener que abordar reparaciones más complicadas y mucho más costosas.

La responsabilidad del mantenimiento de la estructura es, en cualquier caso, de la Propiedad, y las actividades relacionadas con el mismo deben ser efectuadas por personal con la formación y los medios adecuados.

Se definen las distintas fases para abordar el sistema de gestión de la estructura una vez que la Dirección Facultativa ha entregado a la Propiedad la documentación del estado final de la obra.

1. **Archivo documental:** de todos los temas relacionados con la estructura tales como el proyecto de construcción, proyectos de remodelación, rehabilitación o conservación que se hayan podido acometer, memorias e informes vinculados a la historia de la estructura, etc.



2. Inspecciones rutinarias: para comprobar el correcto funcionamiento y durabilidad de la estructura, efectuando labores periódicas de mantenimiento como limpieza de desagües, reposición de elementos de impermeabilización, reparación de elementos de juntas, y todos aquellos elementos auxiliares cuya vida útil es inferior a la de la estructura y cuya degradación puede afectar negativamente en ésta.

3. Inspecciones principales: efectuadas por técnicos cualificados y con experiencia cuyo objetivo es detectar, en su caso, los daños que presenta la estructura, sus condiciones de funcionalidad, durabilidad y seguridad para los usuarios. Es recomendable la utilización de catálogos de deterioros para que los datos recogidos sean lo más objetivos posibles.

4. Inspecciones especiales: que surgirán como resultado de las inspecciones principales efectuadas a lo largo del tiempo sobre la estructura. Estas inspecciones especiales tienen por objeto

evaluar el alcance de los daños cuya evolución se ha ido detectando, efectuando para ello una serie de análisis especiales como pudieran ser pruebas de carga, auscultación de la estructura mediante ultrasonidos, extracción de testigos, etc.

Para llevar a cabo estas actuaciones la Instrucción EHE-08 prescribe que el Autor del Proyecto incluya un Plan de Inspección y Mantenimiento en el que se definan las actuaciones a desarrollar durante toda la vida útil, debiendo incluir, al menos, la siguiente información:

- Descripción de la estructura y de las clases de exposición consideradas para sus elementos.
- Vida útil considerada.
- Puntos críticos de la estructura que precisen una atención especial a los efectos de las inspecciones y mantenimientos.
- Periodicidad de las inspecciones.
- Medios auxiliares necesarios para el acceso a las distintas zonas de la estructura, en su caso.
- Técnicas y criterios de inspección recomendados.
- Identificación y descripción de la técnica de mantenimiento recomendada, donde sea precisa. ■

Tabla 6.- Frecuencias recomendadas para la realización de inspecciones principales.

Tipo de estructura	Situación ordinaria	Situación especial
Puentes, edificios públicos. Estructuras cuyo fallo compromete la seguridad del público en general o pueden generar grandes pérdidas económicas	5 años	2 años <sup>1)</sup>
Edificios residenciales. Estructuras cuyo fallo compromete la seguridad de personas pero no del público en general o pueden generar pérdidas económicas apreciables.	10 años	5 años <sup>2)</sup>
Otras estructuras	20 años	—

1) Si se sospecha una rápida evolución de los deterioros.  
2) En elementos exteriores en contacto con atmósferas, aguas o suelos agresivos.

**BIBLIOGRAFÍA**

[1] Mº Fomento (2008). "Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08". Madrid.

[2] TUUTTI, K. (1982): "Corrosion of steel in concrete". Swedish Cement and Concrete Research Institute (CBI), Report Fo 4.82. Stockholm.

[3] Alaejos, P.; Leiro, A. (2002). "Estudio sobre la contribución de los morteros de revestimiento a la durabilidad del hormigón estructural". II Congreso de Puentes y Estructuras de Edificación. Asociación Científico-técnica del Hormigón Estructural. Madrid.



# Calsider informa

Orense, 58 - 10° C - 28020 Madrid - Tel: 915 618 721- Fax: 915 624 560  
e-mail: buzon@calsider.com - www.calsider.com

PUBLICACIONES

## CALIDAD SIDERÚRGICA

CALIDAD SIDERÚRGICA es miembro corporativo de AENOR y desempeña las Secretarías de los siguientes Comités Técnicos:

### NORMALIZACIÓN

- AEN/CTN-36 Siderurgia
- AEN/CTN-76 Estructuras metálicas permanentes
- AEN/CTN-140/SC3 Eurocódigo 3. Proyecto de estructuras de acero

### CERTIFICACIÓN

- AEN/CTN-017 Productos de acero para hormigón
- AEN/CTN-036 Tubos y perfiles huecos de acero
- AEN/CTN-046 Perfiles, barras y chapas de acero laminado en caliente para aplicaciones estructurales



 **Calidad Siderúrgica**  
[www.calsider.com](http://www.calsider.com)



# EJECUCIÓN EN LA EHE-08

**Luís Miguel Viartola** - Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos y Director Técnico de DRAGADOS, S.A.

**L**as sucesivas Instrucciones de Hormigón Estructural vigentes en España han contemplado la importancia que tiene el proceso de ejecución de una estructura en su correcto comportamiento, garantizando de este modo la seguridad de las construcciones que en ellas se sustentan y, por tanto, la de los usuarios.

De hecho, ya en la primera Instrucción surgida en el seno de la Comisión Permanente del Hormigón (CPH), la EH-68, se incluía un capítulo específico con los aspectos relativos a la ejecución, dentro de su Título 1º, que tenía un nombre muy descriptivo: "De la realización de la obra". En dicho título se incluía el Capítulo II "Materiales", además del citado Capítulo III "Ejecución".

En las sucesivas Instrucciones, EH-73, EH-80, EH-82, EH-88 y EH-91, se mantuvo el esquema anterior, con la única diferencia en el nombre del Título 1º, que pasó a llamarse "De los materiales y ejecución", en atención a los dos capítulos que incluía.

Fue en la Instrucción EHE-98 cuando se cambió esta tradición y se creó un título único denominado "Ejecución", el Título 5º, para incluir de forma aislada al Capítulo XIII "Ejecución". Esto supuso un paso firme en la constatación de la importancia que tienen los procesos de ejecución como garantes de la calidad y seguridad de la estructura terminada. La nueva EHE-08 consolida este criterio y dedica también en exclusiva su Título 7º a la ejecución.

## PRINCIPALES NOVEDADES

El Capítulo XIII se ha revisado atendiendo a los aspectos que han motivado la revisión general de esta nueva Instrucción, al mismo tiempo que se ha reordenado su articulado de un modo más acorde a la secuencia constructiva.



Las principales novedades que se incluyen en el capítulo de ejecución de la nueva Instrucción EHE-08 podrían agruparse en torno a cuatro conceptos.

### Ampliación de contenidos

El capítulo de ejecución se modifica y complementa de forma coherente con la ampliación de contenidos y convergencia con los Eurocódigos estructurales de la nueva EHE-08. Entre los nuevos contenidos destacan los siguientes:

- Nuevos hormigones: autocompactantes, con fibras, con áridos ligeros, con áridos reciclados. Estos nuevos hormigones vienen definidos y reglamentados en los correspondientes Anejos de la Instrucción.
- Integración de la Instrucción para el proyecto y la ejecución de forjados unidireccionales de hormigón estructural realizados con elementos prefabricados (EFHE).

***“Las novedades se resumen en:  
ampliación de contenidos,  
introducción de nuevos  
planteamientos, tratamiento  
más detallado de algunos  
procesos y reorganización del  
articulado”***



## REPORTAJES

### LUÍS MIGUEL VIARTOLA

Director técnico de DRAGADOS, S.A., es Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos por la Universidad Politécnica de Madrid. Comenzó su carrera profesional en PROES, donde participó en el proyecto de todo tipo de estructuras, con especial dedicación a los puentes. Desde 1996 trabaja en DRAGADOS, donde desarrolla una continua labor relacionada con el proyecto, la asistencia técnica y construcción de todo tipo de estructuras, así como de los medios auxiliares particulares para su ejecución, con especial atención en la puesta a punto y mejora de los procedimientos constructivos y de las prestaciones de los materiales constitutivos.



Compagina su actividad profesional con la participación en diversas asociaciones, comisiones y publicaciones de carácter técnico y normativo. Recientemente ha sido nombrado Presidente de la Asociación Científico-Técnica del Hormigón Estructural (ACHE). Además, es miembro del Comité Técnico del Grupo Español del International Association for Bridge and Structural Engineering (IABSE), vocal de la Comisión de Tecnología de SEOPAN y colaborador de la Ponencia de la Instrucción EHE-08.

- Elementos prefabricados. Se incluye un artículo para tratar de forma específica los productos prefabricados que llegan a las obras, o se producen en ellas, y que van a formar parte de la estructura.

### Nuevos planteamientos

Entre los nuevos planteamientos de la Instrucción, quizá aquellos que tienen un reflejo más importante en el capítulo de Ejecución son los siguientes:

- Mantenimiento de la trazabilidad durante la ejecución. Para ello se exige la implantación de un sistema de gestión de los acopios de los materiales en la obra que permita identificar, de forma biunívoca, las partidas de materiales o productos que se emplean en la obra con, al menos, los lotes de ejecución en los que han sido usados.
- Consideración de distintivos de calidad oficialmente reconocidos asociados a los procesos de ejecución. Aunque en un principio pudiera parecer que estos distintivos van asociados a los productos, la Instrucción contempla que los procesos de

ejecución son también susceptibles de acreditar un nivel de garantía adicional al mínimo establecido por ella mediante un distintivo de calidad oficialmente reconocido, de acuerdo con los niveles de garantía y requisitos que figuran en el Anejo 19.

- Adopción de criterios de sostenibilidad en la fase de ejecución de la estructura, para cumplir con la exigencia de calidad medioambiental de la ejecución del artículo 5.1.3.1, de forma que se satisfaga el requisito c) del artículo 5 en la parte de protección del medio ambiente.

### Tratamiento más detallado de algunos procesos

Como se ha comentado, en la Instrucción EHE-08 queda patente a lo largo de todo su articulado la importancia que tiene un adecuado proceso de ejecución o de elaboración de los productos que forman parte de la estructura en el resultado final de la obra ejecutada, tanto en aspectos referidos a la seguridad, como a la calidad.

La industrialización de dichos procesos constituye una herramienta eficaz encaminada a satisfacer los requisitos exigidos a las estructuras de hormigón estructural. De ahí que se preste una especial atención a las condiciones que deben cumplir las instalaciones en las que se desarrollan dichos procesos, en especial, las instalaciones de ferralla y las instalaciones de fabricación del hormigón.

En el ámbito de la Instrucción se contempla que las instalaciones donde se desarrollan los procesos de transformación y producción pueden ser instalaciones industriales ajenas a la obra o bien instalaciones montadas en la propia obra. Para ambas se exigen niveles equivalentes de garantía, y se establecen los requisitos que deben satisfacer. De forma general, se requiere que dispongan al menos de:

- los sistemas necesarios para almacenar los productos básicos y los productos ya elaborados;
- un control de producción que contemple la totalidad de los procesos que se desarrollan en dicha instalación;
- los medios imprescindibles para el correcto desarrollo de la actividad.

El capítulo de Ejecución de la EHE-08 otorga un especial protagonismo a los procesos que se encadenan para ejecutar una obra de hormigón estructural, y amplía el tratamiento de varios de ellos como, por ejemplo, es el caso de la elaboración de las armaduras pasivas.

### Adecuación del índice y replanteamiento del artículo

El capítulo comienza definiendo los criterios generales para la ejecución de la estructura, así como las actuaciones previas al comienzo de la ejecución.

En lo que se refiere a la parte del capítulo que se dedica al desarrollo del proceso constructivo, se ha reorganiza-

do la exposición del capítulo buscando una secuencia más acorde con el mismo.

- Procesos previos a la colocación de las armaduras.
- Procesos de elaboración, armado y montaje de las armaduras.
- Procesos de colocación y tesado de las armaduras activas, en su caso.
- Elaboración y puesta en obra del hormigón.
- Procesos posteriores al hormigonado: desencofrado, descimbrado, acabados, etc.
- Elementos prefabricados.

En cada uno de los apartados correspondientes se incorporan las condiciones de suministro y almacenamiento de los productos que llegan a la obra, de la misma forma que se envían al capítulo de control los aspectos relativos al mismo.

El capítulo dedicado a la ejecución se cierra con la inclusión de los aspectos medioambientales básicos y buenas prácticas medioambientales durante la ejecución de la estructura, que constituye un hecho novedoso en la EHE-08.

A continuación, se va a seguir esta nueva organización del capítulo de Ejecución para revisar algunos de los aspectos que han tenido alguna variación significativa en la nueva Instrucción EHE-08 respecto de la anterior versión.

### FASE PREVIA A LA COLOCACIÓN DE LAS ARMADURAS

Todas estas operaciones se recogen en los tres artículos siguientes:

- **Artículo 66.** "Criterios generales para la ejecución de la estructura".
- **Artículo 67.** "Actuaciones previas al comienzo de la ejecución".
- **Artículo 68.** "Procesos previos a la colocación de las armaduras".

Los dos primeros artículos, de carácter general, son previos al inicio de las operaciones de obra.



## REPORTAJES

En el primero de ellos figuran los criterios generales estructurados en tres puntos:

- Subordinación de la ejecución al proyecto y, supletoriamente, a la Instrucción, y necesidad de contemplar las acciones que introduce el proceso sobre la estructura.
- Mantenimiento de la trazabilidad. Para ello se exige que el constructor disponga de un sistema de gestión de materiales, productos y elementos que se vayan a colocar en la obra. Este sistema de gestión incluirá, al menos, un registro de suministradores, y un sistema de almacenamiento de los acopios de obra y de registro de las unidades ejecutadas que permitan mantener la trazabilidad durante la ejecución, de acuerdo con el nivel de control de ejecución definido en el proyecto.
- Consideraciones de carácter medioambiental para la ejecución de la estructura. Éstas pueden estar recogidas en el Anejo de evaluación ambiental de la estructura del proyecto, o las podrá establecer la Propiedad, aún sin haber sido definidas en el proyecto, incluyéndolas como cláusulas en el contrato de construcción.

El segundo de los artículos da muestra de la importancia que adquiere el control documental en las labores de control. Así, y previo al inicio de las labores de ejecución de la estructura, el Constructor dispondrá, entre otra documentación, del preceptivo libro de órdenes, facilitado por la Dirección Facultativa, de la identificación de agentes involucrados en la obra y suministradores previstos, de los certificados de calibración de equipos, etc.

El tercer artículo, el 68, es el primero en el que se incluyen procesos de ejecución. En este caso son los correspondientes a las operaciones que hay que desarrollar en obra para que se pueda iniciar la colocación de las armaduras. Se trata de las operaciones de replanteo, colocación de la cimbra y el apuntalamiento, en su caso, y colocación de los moldes y encofrados.

La principal novedad que incluye la EHE-08 para estos procesos se refiere a las cimbras. La Instrucción exige que el constructor

disponga de un proyecto de la cimbra y de un procedimiento escrito para el montaje y desmontaje de la misma. El proyecto debe incluir la comprobación de estabilidad estructural y el análisis de deformaciones, los planos que definan la cimbra y sus elementos, y el correspondiente pliego de prescripciones en el que figuren las características que deben cumplir dichos elementos.

En el caso de los forjados hay una pequeña variación respecto de la anterior EFHE, pues el proyecto deberá contener un estudio detallado de los apuntalados cuando el peso propio sea mayor de 5 kN/m<sup>2</sup>, frente a los 3 kN/m<sup>2</sup> anteriores, o la altura sea mayor de 3,5 m, cuando antes era de 4,0 m.

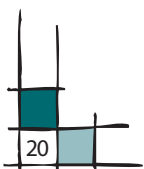
En el caso de los puentes, el Anejo 24 recoge unas recomendaciones relativas a los elementos auxiliares de obra para su construcción, que se corresponde con la O. FOM/3818/2007 de 10 de diciembre "Instrucciones complementarias para la utilización de elementos auxiliares de obra en la construcción de puentes de carretera".

### ELABORACIÓN Y MONTAJE DE LAS ARMADURAS. FERRALLA

Uno de los artículos que más ha ampliado su contenido es el que la Instrucción dedica a la fase de elaboración de las armaduras.

***“Las implantación de un sistema de control de producción se convierte en un requisito indispensable para la actividad de la ferralla”***

- **Artículo 69.** "Procesos de elaboración, armado y montaje de las armaduras".



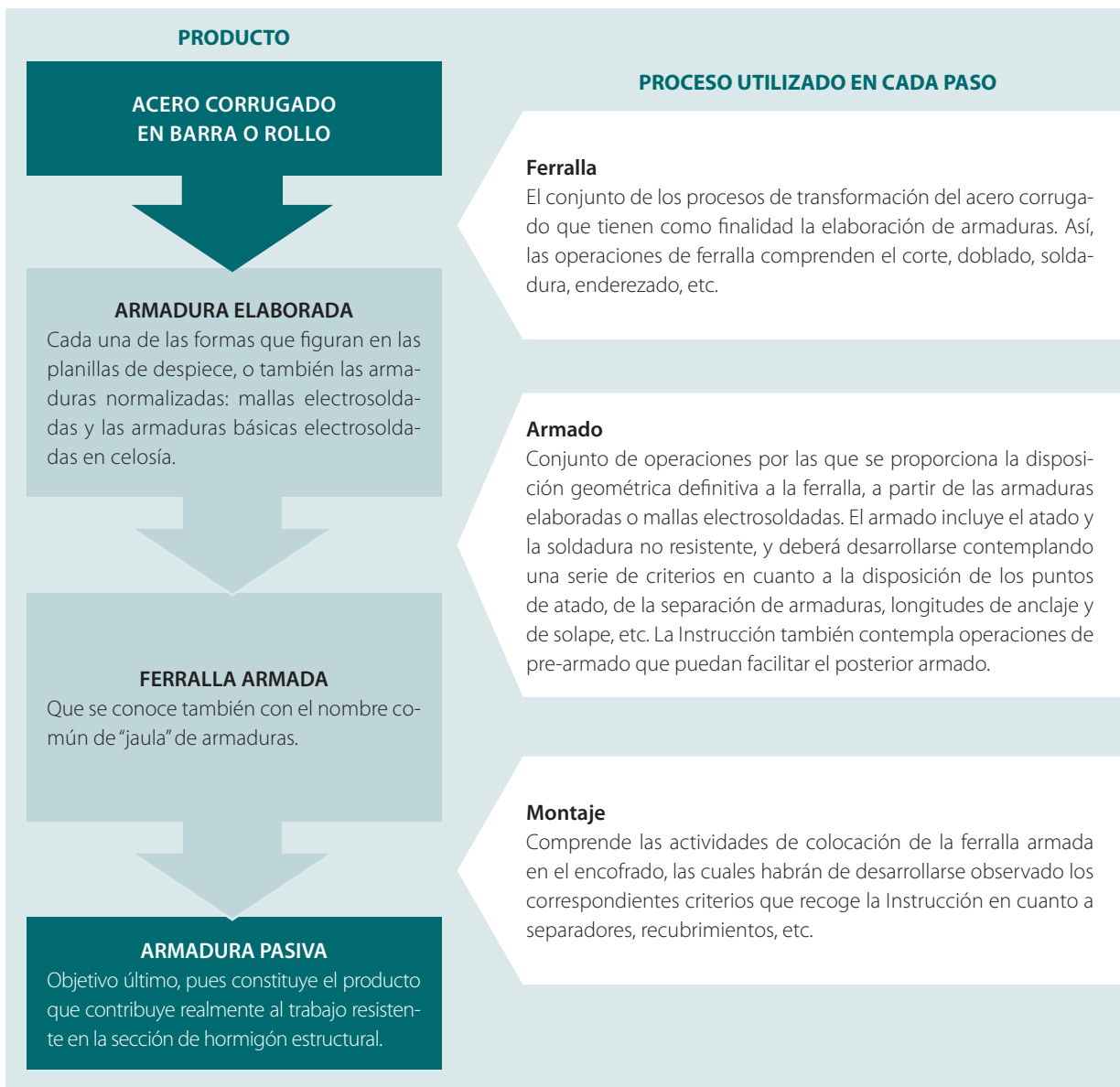


Figura 1.- Resumen del proceso de elaboración, armado y montaje de las armaduras pasivas.

La EHE-08 tiene como objetivo poder garantizar el adecuado comportamiento de la armadura pasiva resistente una vez que forma parte de la sección de hormigón estructural.

El cumplimiento de este objetivo implica, además de la necesidad de garantizar las características adecuadas de los materiales y productos que van a formar parte de la armadura pasiva, que se observen una serie de criterios en los procesos de elaboración y mon-

taje, para asegurar que no se alteran las prestaciones mecánicas del acero.

La Instrucción distingue claramente entre los productos y procesos que se encadenan para llegar a colocar las armaduras pasivas de la sección resistente. La Figura 1 muestra un resumen de los mismos:

El artículo se inicia definiendo las condiciones de suministro de los productos de acero: en barra, rollo, malla electrosoldada o ar-



## REPORTAJES

madura básica electrosoldada en celosía, que llegan a las instalaciones de ferralla.

### Instalaciones de ferralla

Las condiciones que han de cumplir estas instalaciones, ajenas a la obra o pertenecientes a la misma, para ser conformes con la Instrucción en los tres aspectos básicos que exige ésta para las instalaciones de elaboración de los productos, son:

- Disponer de los sistemas necesarios para almacenar los productos básicos y los productos ya elaborados, que permitan mantener la trazabilidad hasta el fabricante del acero.
- Tener instalado un control de producción que contemple la totalidad de los procesos que se desarrollan en dicha instalación, los ensayos e inspecciones para el autocontrol, su documentación correspondiente y el registro.
- Contar con los medios imprescindibles para el correcto desarrollo de la actividad. En este caso se trata la maqui-

naria adecuada, que ha de incluir, al menos, máquinas específicas de enderezado, cizallas manuales o máquinas automáticas de corte, máquinas dobladoras manuales o automatizadas y equipos adecuados para la ejecución de soldaduras.

### Procesos de ferralla

La Instrucción exige que los procesos de ferralla no alteren las características geométricas o mecánicas de los productos de acero que utilizan para obtener las armaduras elaboradas.

Tienen como punto de partida el despiece, reflejado en las correspondientes planillas firmadas por la persona física responsable en la instalación de ferralla, y comprenden el enderezado, en el caso en que el producto de acero sea suministrado en rollo, el corte y el doblado.





El enderezado puede alterar el valor de la deformación bajo carga máxima, al igual que la altura de corruga. Por ello la Instrucción, en su artículo 32, establece unas mayores exigencias en ambos aspectos al acero suministrado en rollo. De forma coherente, en el capítulo de Ejecución, se fija una limitación para estas dos afecciones de un 2,5 % en la variación para la deformación bajo carga máxima, y de 0,05 mm para la variación de altura de corruga, cubiertas ambas por las mayores exigencias al acero, de modo que el acero enderezado procedente de rollo se pueda considerar equivalente al suministrado en barra.

### Armado de la ferralla

En el ámbito de la Instrucción, para el armado se admite el atado con alambre o la soldadura no resistente. Ambos procedimientos han de garantizar el mantenimiento del armado durante el transporte, en el caso de instalaciones ajenas a la obra.

Se admite la posibilidad de realizar operaciones de pre-armado, para facilitar el armado posterior utilizando medios automáticos.

La Instrucción recoge las limitaciones que debe cumplir el armado en relación a las distancias entre barras, e incluye unas reglas para la disposición de los puntos de atado en losas, placas, pilares, vigas y muros.

También figuran, por primera vez, unas consideraciones específicas sobre la soldadura no resistente, pues el término soldadura resistente se reserva para la que se utiliza con dicho carácter en las operaciones de empalme de armaduras. La soldadura se puede realizar con arco manual, arco con gas de protección, o eléctrica por puntos

### Anclaje y empalme

La Instrucción introduce como novedad en este apartado el método conocido como "índice de corruga" para determinar la longitud de anclaje, y mantiene a su vez

el método tradicional del "ensayo de la viga" recogido en sus anteriores versiones. Así:

- Si las armaduras tienen certificadas las características de adherencia en el ensayo de la viga, (UNE EN 10080, Anejo C) se mantienen los criterios de la versión anterior de la EHE.
- Si las características de adherencia se comprueban a partir de la geometría de la corruga (UNE EN 10080, apartado 7.4), la longitud de anclaje ( $l_b$ ) se obtiene por equilibrio de la tracción en la barra ( $A_s \cdot f_{yd}$ ) y la que resiste el área lateral en la que se desarrolla la adherencia ( $l_b \cdot \tau_{bd} \cdot \pi \phi$ ). Donde el valor de la tensión de adherencia ( $\tau_{bd}$ ) depende de la resistencia a tracción de cálculo del hormigón, de la calidad de la adherencia y la posición de la barra durante el hormigonado, y del diámetro de la barra.

Se mantienen los criterios de empalme por solapo y soldadura resistente, y se amplían los aspectos relativos al empalme mecánico.

### Suministro, transporte y almacenamiento de las armaduras

Hasta aquí los procesos para obtener las armaduras elaboradas y la ferralla armada que, como se ha dicho en varias ocasiones, pueden elaborarse en instalaciones industriales ajenas a la obra, o dentro de la propia obra. Debido a ello, pueden darse todo tipo de situaciones intermedias en lo que respecta a los productos que llegan realmente a la obra pues pueden llegar las barras o los rollos de acero para fabricar dentro de las instalaciones de obra las armaduras elaboradas y la ferralla armada, o bien llegar las armaduras elaboradas para preparar en la obra la ferralla armada, o que llegue directamente la ferralla armada. También puede darse el caso de que el suministro a la obra sea una mezcla de todos los anteriores.

Por ello, la Instrucción contempla los correspondientes apartados para definir las condiciones en que deben suministrarse las armaduras elaboradas y la ferralla armada, así como su transporte hasta la obra y almacenamiento dentro de la obra.

### Montaje de las armaduras

Por último, y siguiendo la lista de procesos definida al comienzo de este apartado, para obtener las armaduras pasivas ya sólo es



## REPORTAJES

necesario proceder a la colocación de la ferralla armada dentro de encofrado. La Instrucción recoge los requisitos exigidos a este proceso, que se denomina montaje de las armaduras.

### PROCESOS RELACIONADOS CON EL PRETENSADO

En el caso de que en la estructura de hormigón se utilicen armaduras activas, el proceso de aplicación del pretensado, que corresponde al conjunto de procesos que tienen como finalidad colocar y tesar las armaduras activas, pretesas o postesas, se regirá por lo indicado en la Instrucción en su artículo 70.

- **Artículo 70.** "Procesos de colocación y tesado de las armaduras activas".

Comienza con la definición de los sistemas de aplicación del pretensado, de acuerdo con lo definido en el Capítulo IV de la Instrucción, y de los requisitos que han de cumplir los equipos necesarios para la aplicación del mismo.

La exposición del artículo sigue la secuencia de las operaciones necesarias para el tesado de las armaduras activas. De esta manera se divide en tres grandes bloques atendiendo a los procesos previos al tesado, los procesos de tesado y los procesos posteriores al mismo.

#### Procesos previos al tesado de las armaduras activas

Incluye, en primer lugar, las condiciones en que debe realizarse el suministro y almacenamiento de todos los elementos: unidades de pretensado, dispositivos de anclaje y empalme, vainas y accesorios, y los productos de inyección.

Se dan las reglas para la colocación de las armaduras activas dentro de la sección resistente que incluyen las vainas y tendones, junto con las distancias que deben respetarse, los desviadores y los empalmes, en su caso.

#### Procesos de tesado de las armaduras activas

Como ya figuraba en las anteriores versiones, se define el programa de tesado y, en el caso de las armaduras postesas, se añade la necesidad de especificar en dicho programa el módulo de elasticidad y los coeficientes de rozamiento teóricos considerados.

También se fijan los límites de la tensión máxima inicial admisible en las armaduras: 80 % de la carga unitaria máxima garantizada al tesar y 70 % al anclar. Estos valores se aumentan en un 5 %, respectivamente, el caso de que el aplicador del pretensado ofrezca un nivel de garantía adicional acreditado mediante un distintivo de calidad oficialmente reconocido.

#### Procesos posteriores al tesado de las armaduras activas

En el caso de las armaduras postesas se trata de los procesos de inyección de las vainas, que anteriormente ocupaban una posición separada dentro del capítulo de Ejecución y que ahora se han incluido en el artículo dedicado a los procesos de aplicación del pretensado.

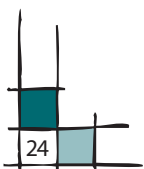
En el caso de las armaduras pretesadas se trata del proceso de destesado, mediante el cual se transmite el esfuerzo de pretensado de las armaduras al hormigón.

***“Los límites de tensión máxima de las armaduras aumentan un 5 % si el aplicador del pretensado dispone de un distintivo de calidad oficialmente reconocido”***

#### ELABORACIÓN Y PUESTA EN OBRA DEL HORMIGÓN

A la fabricación y puesta en obra del hormigón se dedica un artículo, el 71, de forma similar a lo que ocurre en el caso de las armaduras o del pretensado, y se incluye un nuevo artículo, el 72, en el que se describen los hormigones especiales.

- **Artículo 71.** "Elaboración y puesta en obra del hormigón".



• **Artículo 72.** "Hormigones especiales".

La secuencia expositiva es también acorde con la cronología del proceso de elaboración y puesta en obra del hormigón y comienza con la descripción de las instalaciones en las que se elabora, se describe posteriormente cómo es el proceso de fabricación, su transporte, la puesta en obra y el curado.

**Instalaciones de fabricación del hormigón**

La Instrucción EHE-08 obliga a que el hormigón estructural esté fabricado en central, que podrá o no pertenecer a las instalaciones propias de la obra: centrales de obra o centrales de hormigón preparado.

Han de cumplir con los criterios definidos en la Instrucción para cualquier instalación en las que se elaboren los productos que forman parte de la estructura. Para ello contarán con sistemas de gestión de los acopios de materias primas, con los medios necesarios para elaborar el producto, que en este caso serán las instalaciones de dosificación y los equipos de amasado, y tendrán implantado un sistema de control de la producción.

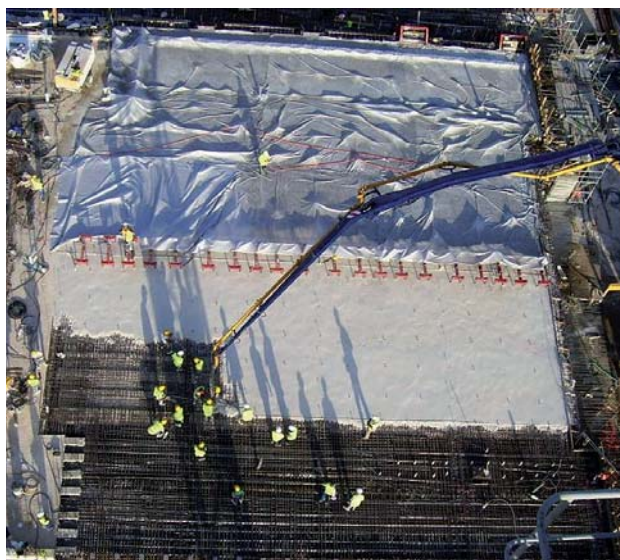
**Fabricación del hormigón**

En lo que se refiere a la fabricación de hormigón, se mantienen, en general, los criterios de la EHE-98. Entre los cambios reseñables está el de la cantidad máxima de cemento por metro cúbico de hormigón, que se aumenta hasta los 500 kg, de manera coherente con el aumento de resistencia en los hormigones contemplados en la nueva Instrucción hasta los 100 N/mm<sup>2</sup>. En el uso de los aditivos, cada vez más generalizado, se incluye la posibilidad de que su incorporación pueda realizarse bien en planta o bien en obra y, en algunas ocasiones, para conseguir hormigones de características especiales, puede ser conveniente la combinación de ambas situaciones.

**Transporte y suministro del hormigón**

El tiempo transcurrido entre el amasado y la colocación debe ser inferior a una hora y media, salvo que se utilicen

aditivos retardadores de fraguado. Si el fabricante quiere disminuir este tiempo límite, deberá hacerlo constar en la hoja de suministro.



**Puesta en obra del hormigón**

Comprende las operaciones de vertido, colocación del hormigón y su compactación, para los que se mantienen los preceptos de la Instrucción anterior. Se incluyen, a su vez, las exigencias relativas a la puesta en obra del hormigón en tiempo frío o caluroso, y se mantienen las recomendaciones para la ejecución, si no pueden evitarse, de las juntas de hormigonado.

**Curado del hormigón**

Siendo el hormigón un material evolutivo, sobre todo en sus etapas iniciales, el curado del hormigón tiene una gran importancia, y así viene recogido en el artículo 71.6 de la EHE-08 y en sus comentarios. Como novedad, la Instrucción EHE-08, incluye la posibilidad de uso de agentes filmógenos de curado.

**Hormigones especiales**

El autor del Proyecto o la Dirección Facultativa, a propuesta del Constructor, podrán disponer el empleo de hormigones especiales con especificaciones adicionales a las recogidas en el artículo. Estos aspectos específicos vienen definidos y reglamentados en los correspondientes Anejos de la Instrucción:

Hormigón con fibras	Anejo 14
Hormigón reciclado	Anejo 15



## REPORTAJES

Hormigón con árido ligero	Anejo 16
Hormigón autocompactante	Anejo 17
Hormigón en elementos no estructurales	Anejo 18

## PROCESOS POSTERIORES AL HORMIGONADO

- **Artículo 73.** "Desencofrado y desmoldeo".
- **Artículo 74.** "Descimbrado".
- **Artículo 75.** "Acabado de superficies".

Entre estos procesos, se presta una mayor atención al descimbrado, que pasa a ocupar un artículo independiente, justificada por la importancia que tiene en el comportamiento de la estructura su puesta en carga, pues en la mayoría de los casos el peso propio representa un porcentaje muy importante de las acciones totales que ha de resistir la estructura durante toda su vida útil. De ahí que deba considerarse como una etapa de especial importancia, sobre todo en aquéllos casos en los que la entrada en carga afecta también a elementos auxiliares, como puede ser la interacción cimbra-estructura en etapas intermedias del proceso de tesado.

## ELEMENTOS PREFABRICADOS

Los elementos prefabricados se recogen íntegramente en el artículo 76, que no se ocupa de describir cómo se elabora un elemento prefabricado, pues para ello han de seguirse los procesos generales que se describen en la Instrucción.

- **Artículo 76.** "Elementos prefabricados".

El artículo define las condiciones en las que los elementos prefabricados, considerados como productos ya elaborados, en una instalación industrial fija o en la propia obra, llegan a ésta, en su caso, y son manipulados, acopiados y puestos en su ubicación definitiva dentro de la estructura de la que van a formar parte.

## CONDICIONES MEDIOAMBIENTALES EN LA EJECUCIÓN

Como se ha comentado repetidamente, es uno de los planteamientos novedosos en la EHE-08, y se desarrolla en el artículo 77, que cierra el capítulo dedicado a la ejecución.

- **Artículo 77.** "Aspectos medioambientales básicos y buenas prácticas".

Se estructura en los tres bloques siguientes:

### Aspectos medioambientales básicos para la ejecución

Se describen las posibles afecciones que la ejecución de una estructura puede tener en el medioambiente de forma que, siendo más fácilmente identificables, puedan prevenirse.

Tienen que ver con la generación de residuos derivados de la actividad constructiva, las emisiones atmosféricas, la generación de aguas residuales procedentes de la limpieza de plantas o elementos de transporte de hormigón, la generación de ruido, el consumo de recursos, o la afección potencial al suelo y acuíferos.

### Empleo de materiales y productos ambientalmente adecuados

La Instrucción insta a que los agentes que intervienen en la ejecución velen por la utilización de materiales de mayor durabilidad, menor mantenimiento, simples, fáciles de poner en obra, aptos para ser reciclados, de la máxima eficiencia energética, de mayor salubridad, y que minimicen los impactos del transporte.

### Buenas prácticas medioambientales para la ejecución

Por último, se relaciona una serie de buenas prácticas de carácter medioambiental cuya observancia asegura la reducción de las afecciones ambientales. Entre ellas destaca la vigilancia del cumplimiento de las exigencias medioambientales definidas por el constructor, minimizar la generación de residuos, fomentar su reutilización, contratar gestores autorizados, planificar adecuadamente la ubicación de los acopios o gestionar adecuadamente los consumos energéticos, entre otros. ■

# LOS ANEJOS EN LA INSTRUCCIÓN EHE-08

**Fernando Martínez Abella** - Catedrático de la Universidad de La Coruña.  
**Antoni Cladera Bohigas** - Profesor titular de la Universidad de las Islas Baleares.

La Instrucción EHE-08 cuenta con 24 anejos, número significativamente mayor que los 8 que incluía la EH-91 y que los 13 anejos y 5 anexos que incorporaba la EHE-98. Este crecimiento se debe a varias razones, y su mención es una buena forma de introducir el carácter de aquéllos.

Los anejos de la EHE-08 surgen por tres motivos fundamentales. Por una parte, un grupo de ellos desarrolla, con carácter reglamentario, una cuestión que en el articulado no encuentra un encaje adecuado. También puede indicar referencias a normas o unidades, susceptibles de cambiar durante la vigencia de la Instrucción. Ejemplo de ellos son los Anejos 1, 2 ó 9. Otro grupo propone aclaraciones al texto, facilitando métodos alternativos de cálculo, simplificados o no, al modo que lo hacen los Anejos 7 y 8. Y, por último, otro grupo ofrece recomendaciones para el empleo de materiales o técnicas de uso que, aunque no pueda considerarse infrecuente, aún no quedan recogidos por el articulado. Los Anejos 13 a 17, por ejemplo, son una muestra de este conjunto, e indican simultáneamente la prudencia e iniciativa que exhibe la Instrucción en el vasto campo del desarrollo tecnológico. Cabe aquí recordar que en la Instrucción EHE-98 el hormigón de alta resistencia quedaba recogido en el Anejo 11, y que la experiencia atesorada a partir de ahí ha permitido, entre otros motivos, la extensión del ámbito de resistencias a los 100 N/mm<sup>2</sup> de la EHE-08. En este sentido, los anejos de la Instrucción ofrecen un panorama del actual estado del conocimiento acerca de la ciencia y la técnica del hormigón es-

tructural, y se convierten en la antesala de futuros desarrollos del articulado.

Algunos anejos no han cambiado apenas respecto a la versión anterior de la EHE, y otros compendian las notaciones o normas recogidas por el articulado. En esta contribución no se desea resumir sin más los trazos fundamentales de las cerca de 250 páginas que contienen los anejos, sino fundamentalmente llamar la atención sobre aquellos que introducen las novedades más interesantes, teniendo en cuenta además que otros textos de esta publicación abordan con más extensión algunas particularidades de los anejos intrínsecamente ligadas al articulado, como así ocurre en los relacionados con el control, la calidad o la durabilidad.

Precisamente, la vinculación entre los anejos y el articulado requiere un comentario acerca del carácter reglamentario o no de aquéllos. Se considera que un anejo tiene ese carácter cuando se menciona explícitamente y en esa línea en el articulado. Aproximadamente la mitad de los anejos se presentan con carácter reglamentario y ofrecen métodos alternativos, simplificados o aclaraciones, siendo aludidos desde algún artículo, no desde los comentarios. La Tabla 1 presenta el conjunto de anejos, indicando el carácter de los mismos y su relación con los anejos de la EHE-98.

A continuación se comentan algunos anejos que merecen una reflexión específica, aunque sin detenerse en aquellos que son más ampliamente tratados en otros apartados de esta publicación.

## NOVEDADES PRINCIPALES EN LOS ANEJOS

El **Anejo 4** presenta de forma clara las recomendaciones relativas al empleo de los distintos tipos de cemento en función del tipo estructural, de la aplicación del hormigón, de las circunstancias de hormigonado y de la clase de exposición.



## REPORTAJES

### FERNANDO MARTÍNEZ ABELLA

Catedrático de la Universidad de La Coruña en el área de Ingeniería de la Construcción, es Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos por la Universidad Politécnica de Cataluña, en la que se formó. Ha sido colaborador de la ponencia de la nueva Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08.

Su actividad docente, investigadora y profesional es variada, aunque fundamentalmente ligada al ámbito del hormigón estructural. Destacan las líneas de trabajo vinculadas al comportamiento material y estructural de los hormigones convencionales, ligeros y reciclados, tanto armados como pretensados. A ellas se suma su trabajo en hormigones con reacciones expansivas, los estudios sobre adherencia en armadura pretesa y la aplicación de técnicas de inteligencia artificial. Ha dirigido cinco tesis doctorales y es autor de numerosos libros, artículos y ponencias, participando en varios grupos de trabajo de ACHE.

Ha desarrollado una intensa labor de gestión universitaria, y en la actualidad es Director del Departamento de Tecnología de la Construcción y miembro electo del Consejo de ACHE, asociación de la que es Tesorero.



### ANTONI CLADERA BOHIGAS

Profesor Titular de la Universidad de las Islas Baleares en el área de Ingeniería de la Construcción, es Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Ha sido colaborador de la ponencia de la nueva Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08, así como de la Instrucción EFHE-02.

Su actividad profesional, docente y de investigación se ha centrado en el campo de las estructuras, especialmente en el comportamiento estructural del hormigón de alta resistencia y la resistencia a cortante. Es autor de numerosos artículos y comunicaciones en congresos en este ámbito, tanto a nivel nacional como internacional, y ha formado parte del grupo de trabajo de hormigón de alta resistencia de ACHE.

En la actualidad el autor desempeña el cargo de Vicerrector asociado de Infraestructuras Universitarias en la Universidad de las Islas Baleares.



El **Anejo 6**, que se ve modificado de modo notable respecto a su anterior versión (Anejo 7 de la EHE-98), presenta las recomendaciones para la protección contra el fuego. La redacción del texto, coordinada

con los técnicos redactores del Código Técnico de la Edificación, coincide totalmente con la de éste en su Documento Básico Seguridad en caso de Incendio (DB-SI).

Tabla 1.- Relación de anejos y carácter reglamentario o no de los mismos.

ANEJO	TÍTULO	RESPECTO EHE-98	CARÁCTER
Anejo 1	Notación y unidades	Modificado (Anejo 1)	Reglamentario (define la obligatoriedad del Sistema Internacional de Medidas)
Anejo 2	Relación de normas UNE	Modificado (Anejo 2)	Reglamentario (define qué versiones de las normas son obligatorias). Se puede actualizar
Anejo 3	Prescripciones para la utilización del cemento de aluminato de calcio	No cambia (Anejo 4)	Reglamentario (así lo indica el art. 26)
Anejo 4	Recomendaciones para la selección del tipo de cemento a emplear en hormigones estructurales	Modificado (Anejo 3)	No reglamentario (recomendaciones)
Anejo 5	Método de ensayo para determinar la estabilidad de la inyección	No cambia (Anejo 6)	No reglamentario (se menciona sólo en comentarios)
Anejo 6	Recomendaciones para la protección adicional contra el fuego de elementos estructurales	Modificado (Anejo 7)	No reglamentario (recomendaciones)
Anejo 7	Cálculo simplificado de secciones en Estado Límite de Agotamiento frente a solicitaciones normales	Modificado (Anejo 8)	No reglamentario (opción de cálculo simplificado)
Anejo 8	Análisis en situación de servicio de secciones y elementos estructurales sometidos a flexión simple adaptado a forjados	Modificado (Anejo 9)	No reglamentario
Anejo 9	Consideraciones adicionales sobre durabilidad	Nuevo	Reglamentario (se menciona como alternativa al método simplificado del art. 37º)
Anejo 10	Requisitos especiales recomendados para estructuras sometidas a acciones sísmicas	Modificado (Anejo 12)	No reglamentario (recomendaciones)
Anejo 11	Tolerancias	Modificado (Anejo 10)	No reglamentario (el proyecto puede definir otras tolerancias, pero puede indicar éstas)
Anejo 12	Aspectos constructivos y de cálculo específicos de forjados unidireccionales con viguetas y losas alveolares prefabricadas	Nuevo	Reglamentario (se menciona en el art. 59.2)
Anejo 13	Índice de contribución de la estructura a la sostenibilidad	Nuevo	No reglamentario (es opcional)
Anejo 14	Recomendaciones para la utilización de hormigón con fibras	Nuevo	No reglamentario (recomendaciones)
Anejo 15	Recomendaciones para la utilización de hormigón reciclado	Nuevo	No reglamentario (recomendaciones)
Anejo 16	Recomendaciones para la utilización de hormigón ligero	Nuevo	No reglamentario (recomendaciones)
Anejo 17	Recomendaciones para la utilización de hormigón autocompactante	Nuevo	No reglamentario (recomendaciones)
Anejo 18	Hormigones de uso no estructural	Nuevo	Reglamentario (así se menciona en el art. 31.4)
Anejo 19	Niveles de garantía y requisitos para el reconocimiento oficial de los distintivos de calidad	Nuevo	Reglamentario (así se menciona en el art. 81)
Anejo 20	Lista de comprobación para el control de proyecto	Nuevo	No reglamentario (el art. 82.2 indica que se incluye a título orientativo)
Anejo 21	Documentos de suministro y control	Nuevo	Reglamentario (se menciona en el art. 79.3.1)
Anejo 22	Ensayos previos y característicos del hormigón	Nuevo	Reglamentario (así se indica en el art. 86.4.2)
Anejo 23	Procedimiento de preparación por enderezado de muestras de acero procedentes de rollo, para su caracterización mecánica	Nuevo	Reglamentario (se menciona en el art. 32)
Anejo 24	Recomendaciones relativas a elementos auxiliares de obra para la construcción de puentes de hormigón	Nuevo	No reglamentario (recomendaciones)



## REPORTAJES

El **Anejo 7** presenta el cálculo simplificado de secciones en Estado Límite de Agotamiento frente a solicitaciones normales, y su principal novedad radica en que, al igual que en el resto de la Instrucción, el factor que tiene en cuenta el cansancio del hormigón se incluye explícitamente en el valor de la resistencia de cálculo del hormigón en compresión, pudiéndose adoptar un valor de dicho factor comprendido entre 0,85 y 1,00 en función de la relación entre las cargas permanentes y las totales y a criterio del proyectista. A pesar de que la Instrucción alcanza la resistencia de 100 N/mm<sup>2</sup>, este anejo limita las expresiones hasta los 50 N/mm<sup>2</sup> a fin de respetar la simplicidad del planteamiento. Una publicación al margen de la EHE seguramente presentará próximamente el conjunto completo de expresiones más complejas.

El **Anejo 8** ofrece el análisis en situación de servicio de secciones y elementos estructurales sometidos a flexión simple, adaptado a forjados. Este es uno de los anejos que recupera la redacción del anterior Anejo 9 de la EHE-98, aunque con los complementos necesarios derivados de la integración de la EFHE en la nueva Instrucción. Ello justifica asimismo la aparición del Anejo 12, que presenta los aspectos constructivos y de cálculo específicos de forjados unidireccionales con viguetas y losas alveolares prefabricadas, antes contenidos en la EFHE.

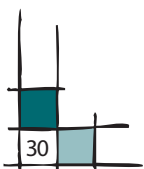
También sufre algunas modificaciones el **Anejo 11**, que aborda las tolerancias en los distintos componentes y elementos estructurales. Aparece un nuevo apartado, el sexto, que prescribe las tolerancias aplicables para reducir los coeficientes parciales de seguridad de los materiales, de acuerdo con el artículo 15 de la Instrucción, y en particular con su apartado 15.3 "Coeficientes parciales de seguridad de los materiales".

Otro anejo nuevo es el **Anejo 9**, que recoge las consideraciones adicionales sobre durabilidad. El Capítulo 7 de la Instrucción, que contiene únicamente el artículo 37, indica la posibilidad de emplear los métodos y modelos recogidos en este anejo para plantear el Estado Límite de Durabilidad. El apartado correspondiente a la durabilidad de este documento se detiene de modo amplio sobre dicho artículo y sobre este anejo.

También se ve modificado el **Anejo 10**, que incluye los requisitos especiales recomendados para estructuras sometidas a acciones sísmicas. Se aprovecha parte de la redacción del anejo de la EHE-98, pero se plantea el nuevo texto incorporando los conocimientos alcanzados en este campo durante los últimos años. El alcance de este anejo es complementario a los reglamentos específicos sobre construcción sismorresistente que sean aplicables según el tipo de estructura de que se trate (la Norma de Construcción Sismorresistente NCSE-02 Parte general y edificación, la NCSE-Puentes o la Instrucción sobre acciones a considerar en puentes de carretera – IAP).

El Anejo 10 recupera inicialmente la definición de los conceptos claves en el diseño sísmico (ductilidad, rótula plástica, zona crítica), introduce la filosofía del proyecto sísmico por capacidad (basado en proteger los elementos y regiones frágiles de la estructura aportando una sobrerresistencia adecuada y potenciando los mecanismos de rotura dúctiles), e incorpora algunos elementos nuevos como las pantallas acopladas, elementos estructurales formados por dos o más pantallas conectadas siguiendo un esquema regular en altura mediante vigas de acoplamiento que tengan rigidez suficiente. También aborda aspectos específicos sobre materiales, ofreciendo, por ejemplo, las deformaciones de pico y última del hormigón confinado.

Tras plantearse los distintos métodos de análisis, se introducen los conceptos de diseño por capacidad y las condiciones para desarrollarlo, evitando los fallos caracterizados por la rotura por compresión en secciones de hormigón sin plastificación de las armaduras de tracción, la rotura por cortante o torsión primaria, la rotura de uniones entre elementos o nudos en pórticos de nudos rígidos, la plastificación de las cimentaciones, los fallos por pandeo o la concentración de rótulas plásticas en un mismo piso de una estructura en altura. Para ello se aportan los métodos de obtención de los esfuerzos de cálculo en algunos elementos estructurales, y se presenta el modelo de cálculo





del Estado Límite de Agotamiento por esfuerzo cortante, en el que la contribución del hormigón a la resistencia a cortante ( $V_{cu}$ ) se ve disminuida en función del nivel de ductilidad que se le exige a la sección. Por último se ofrecen los detalles estructurales de elementos primarios (vigas, soportes, nudos, pantallas, elementos de unión entre pantallas acopladas, diafragmas horizontales y elementos de cimentación), para incidir finalmente sobre cuestiones relativas al anclaje de las armaduras.

## **“Los anejos ofrecen una visión del actual estado del conocimiento de la ciencia y la técnica del hormigón estructural y son la antesala de futuros desarrollos del articulado”.**

Los **Anejos 19 a 22**, como ya se ha comentado, son nuevos en la Instrucción, y tienen que ver todos ellos con aspectos relativos al control. De igual forma, en el capítulo de materiales se ofrecen las novedades que aporta el **Anejo 23**, que incluye el procedimiento de preparación por enderezado de muestras de acero procedentes de rollo para su caracterización mecánica.

La Comisión Permanente del Hormigón también ha considerado adecuado el proponer unas recomendaciones relativas a elementos auxiliares de obra para la



Figura 1.- Probeta de hormigón con fibras sometida a ensayo de tracción directa.

construcción de puentes de hormigón recogidas en el **Anejo 24**. En el texto se abordan las fases esenciales ligadas a tales elementos (clasificación, proyecto y uso), además de incidir en la reutilización de aquellos.

### **ANEJOS DE RECOMENDACIONES PARA EL USO DE HORMIGONES ESPECIALES**

Probablemente son los **Anejos 14 a 18** los que introducen más novedades en el vasto campo de los materiales. Se orientan a lo que habitualmente se ha dado en llamar Hormigones Especiales. Estos capítulos ofrecen, con carácter de recomendaciones, las modificaciones que aparecen en el articulado general al emplearse hormigones con alguna característica que aporta una prestación particular. Se han incluido los hormigones con fibras, ligeros, autocompactantes, con áridos reciclados y los no estructurales. En todo este grupo de anejos, tras la definición del hormigón, se indica para cada material la tipificación propuesta, así como la modificación planteada tanto en las bases de cálculo como en la verificación de los Estados Límite, en la ejecución y en el control. Cabe destacar que la Comisión Permanente del Hormigón ha actuado con prudencia a la hora de proponer el alcance de cada anejo. La idea esencial es que estos materiales, sancionados en muchos casos en obras reales ya ejecutadas y a los que se han dedicado notables esfuerzos de investigación e innovación, requieren para que se extienda su uso del motor de la confianza. Y ésta sólo puede adquirirse con el éxito de cada aplicación generada por la entrada en vigor de la Instrucción. El sector debe asumir la tecnología y para ello es más adecuado partir de posiciones conservadoras, más fáciles de alcanzar por todos los agentes implicados, lo que además contribuye a mejorar y afianzar las recomendaciones de los propios anejos. Veámoslos con más detenimiento.

El **hormigón con fibras** (Figura 1) pretende mejorar la escasa resistencia a tracción que es capaz de desarrollar el hormigón. Para ello el Anejo 14 aborda la enorme gama de posibilidades que la tecnología ha impulsado (fibras de acero, poliméricas o inorgánicas) para usos estructurales o no, aunque limitada a las fibras cortas, aleatoriamente dispuestas y en cantidad no superior al 1,5 % del volumen de hormigón. La literatura contempla estudios completos de mayor alcance y más ambiciosos resul-



## REPORTAJES

tados, pero el anejo limita sus comentarios y recomendaciones a esta frontera bien conocida. La tipificación propuesta es la clásica aunque (y lo mismo se hace en cada uno de estos anejos) se añade alguna sigla que introduzca la especificidad del nuevo material. En este caso se trata del material de la fibra,  $f$ , de la longitud máxima de la fibra TF (necesaria para ser relacionada con el tamaño máximo del árido TM), y del valor de la resistencia característica residual a flexotracción. Ésta se compone de dos valores (R1, R3), obtenidos del ensayo propuesto en UNE-EN 14651 que proporciona el diagrama carga-abertura de fisura, tal y como se muestra en las Figuras 2 y 3. A partir de los valores de carga correspondientes al límite de proporcionalidad (FL) y a las aberturas de fisura 0,5 mm y 2,5 mm (F1 y F3 respectivamente), se obtiene el valor de resistencia a flexotracción ( $f_{ct,fl}$ ) y los valores de resistencia residual a flexotracción correspondientes,  $fR,1$  y  $fR,3$ , respectivamente.

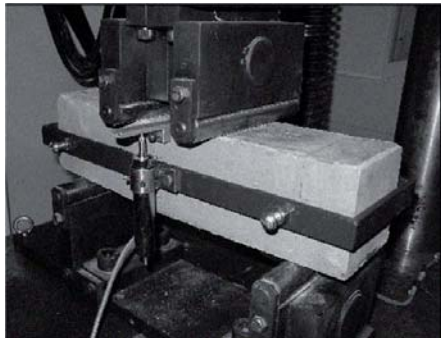


Figura 2.- Ensayo de flexotracción.

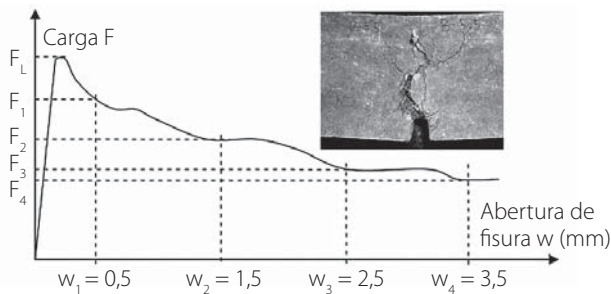


Figura 3.- Diagrama tipo carga/abertura de fisuras en el ensayo de flexotracción.

Las características del hormigón se ven modificadas a partir de estos parámetros, apareciendo un diagrama tensión-deformación en tracción, del que carecen los hormigones convencionales. Presentado en dos variantes (multilineal y rectangular), se abordan a partir de ahí los distintos Estados Límite, modificados fundamentalmente

en el caso de sollicitaciones normales (aparece la contribución de la zona traccionada), en el de esfuerzo cortante (que añade a  $V_{u2}$  el aporte específico de las fibras como  $V_{fu}$ ), y en los de punzonamiento y esfuerzo rasante.

El anejo finaliza con las recomendaciones ofrecidas para la elaboración y puesta en obra del hormigón (que intenta evitar la formación de los erizos o acumulaciones de fibras) y para el control específico de este material.

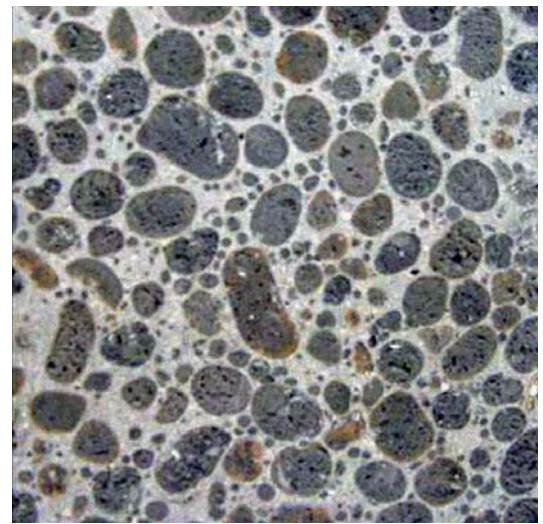


Figura 4.- Sección de una muestra de hormigón ligero.

El Anejo 16 presenta el **hormigón ligero** (Figura 4), tipificado como HLE, obtenido por el empleo de árido ligero (natural o artificial) como parte o totalidad de los áridos, y destinado a reducir de modo notable el peso propio de la estructura. El alcance del anejo establece un rango de densidades resultantes comprendido entre los 1.200 y los 2.000 kg/m<sup>3</sup>, con resistencias limitadas a 50 N/mm<sup>2</sup> (Figura 5) y excluidos los hormigones celulares. El árido ligero es más débil que la mayor parte de los áridos naturales empleados en los hormigones convencionales y presenta una absorción en ocasiones muy elevada. Ambas características condicionan los ensayos a efectuar sobre tales áridos, careciendo de sentido algunos de los habituales, como el requisito referido a la limitación de partículas que flotan en un líquido de peso específico 2, la determinación del desgaste por medio del ensayo de Los Ángeles, o de la friabilidad de las arenas por el ensayo Micro Deval.

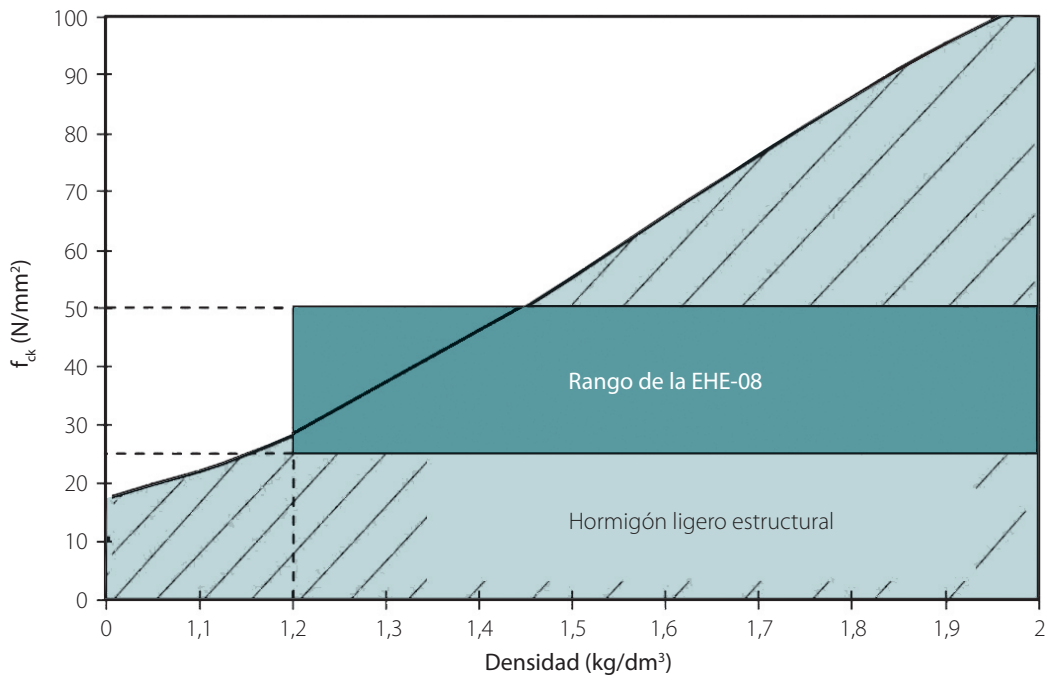


Figura 5.- Rango de aplicación del hormigón ligero estructural en la EHE-08.

En el hormigón fabricado también influyen, obviamente, las propiedades de estos áridos. Su ligereza impone un menor asentamiento del cono de Abrams, incluso en hormigones muy trabajables, por lo que se limita la consistencia a la fluida. Por otra parte, la absorción del árido abre el camino de entrada de posibles agentes por lo que, para evitar comprometer la durabilidad, el anejo propone un aumento de recubrimientos de 5 mm para cada tipo de exposición contemplado por el articulado.

Pero sin duda, las propiedades mecánicas son las que recogen los cambios más singulares en este material. La forma habitual de traslación de tensiones en el hormigón de hasta 50 N/mm<sup>2</sup> de resistencia, marcada por la mayor rigidez del árido, se invierte en este caso y bascula hacia la pasta, haciendo del material un sólido más deformable. Se afecta por ello al módulo de deformación longitudinal de un factor dependiente de la densidad del hormigón resultante ( $\rho/2200$ ), lo que tiene consecuencias asimismo en el diagrama tensión-deformación de cálculo. Así, se reducen la deformación última a compresión y la resistencia de cálculo en bielas sin fisurar, proponiendo el anejo una expresión vinculada a otro factor también dependiente de la densidad ( $\eta_1 = 0,4 + 0,6 \times \rho/2200$ ). Esta reducción

incorpora el efecto de cansancio, que debe seguir teniéndose en cuenta en el hormigón ligero.

En los cálculos relativos a los distintos Estados Límite, el anejo recoge las expresiones válidas para bielas de hormigón confinado y modifica, a través de  $\eta_1$ , la resistencia de las bielas comprimidas tanto en cortante como en torsión, el diagrama rectangular para el cálculo a flexión (Figura 6), la componente  $V_{cu}$  del cortante y la tensión resistida en el perímetro crítico de punzonamiento.

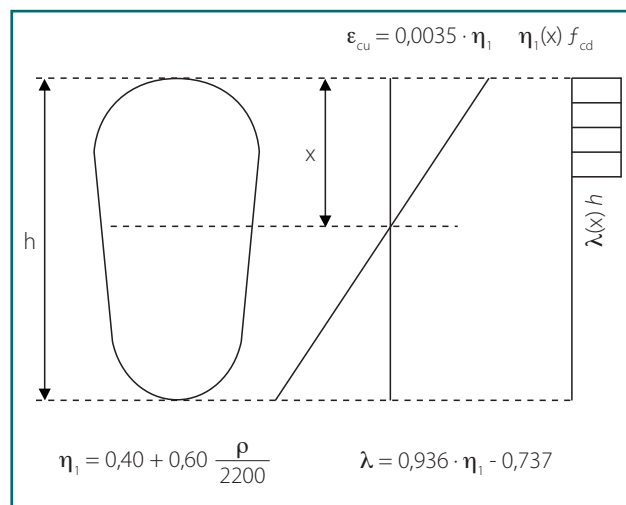


Figura 6.- Diagrama rectangular de cálculo para hormigón ligero.



## REPORTAJES

Respecto a la ejecución, la debilidad del árido exige limitar tanto el radio de doblado de las armaduras como el diámetro máximo de las barras ( $\varnothing \leq 32$  mm), quedando también afectada la longitud de anclaje a través del factor  $\eta_1$ .

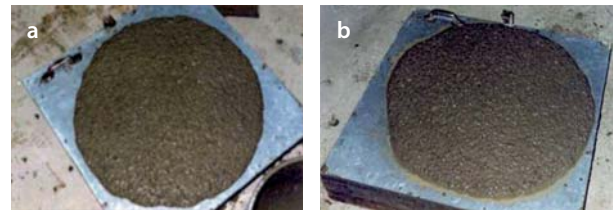
La fabricación del hormigón se ve condicionada por la humedad del árido ligero, que puede ser muy variable en función del tipo de acopio y de la climatología. Por ello se recomienda la realización de ensayos previos teniendo en cuenta la humedad del árido ligero, atendiendo a la forma de transporte y colocación del árido, y recordando la necesidad de mayor energía de compactación que exige el HLE.

El Anejo 17 aborda las particularidades que impone el **hormigón autocompactante**, definido como aquel hormigón que, como consecuencia de una dosificación estudiada y del empleo de aditivos superplastificantes específicos, se compacta por la acción de su propio peso, sin necesidad de energía de vibración ni de cualquier otro método de compactación, no presentando segregación, bloqueo del árido grueso, sangrado ni exudación de la lechada. La extrema docilidad de este material tiene asociada la necesidad de determinar su medida a través de ensayos específicos, diferentes de la habitualmente llevada a cabo a través del cono de Abrams.

Se indica en el texto, de un modo didáctico, que el modo de conseguir la autocompactabilidad pasa por aportar a la dosificación un mayor contenido de finos, cuyo conjunto incluye al cemento, a las adiciones y la cantidad necesaria de un *filler* inerte. La demanda de agua hace que el uso de un aditivo superplastificante sea requisito fundamental en el hormigón autocompactante y, en ocasiones, puede ser conveniente el uso de un aditivo modulador de la viscosidad para minimizar los efectos de la variación del

contenido de humedad, el contenido de finos o la distribución granulométrica, haciendo que este hormigón sea menos sensible, en relación con la autocompactabilidad, a pequeñas variaciones en la calidad de las materias primas y en sus proporciones.

Este material, denominado HAC, tiene tres propiedades intrínsecas básicas: fluidez o habilidad de fluir sin ayuda externa y llenar el encofrado, resistencia al bloqueo o habilidad de pasar entre las barras de armadura, y estabilidad dinámica y estática, o resistencia a la segregación, que le permite alcanzar una distribución uniforme del árido en toda su masa. Para medir estas propiedades se emplean ensayos específicos, de acuerdo a la Tabla 2 y a las Figuras 7 y 8.



**Figura 7.-** Torta resultante del ensayo de escurrimiento. a) Sin segregación. b) Con ligeros problemas de segregación.

Con tales ensayos se posibilita la tipificación del hormigón, definido de forma simple con las siglas AC (T-R/AC/TM/A) o ampliada a través de la información aportada por los ensayos de escurrimiento, viscosidad y resistencia al bloqueo (T-R/(AC-E+AC-V+AC-RB)/TM/A).

En relación con el cálculo y las propiedades mecánicas, puede verse algo disminuido el módulo E, aunque se propone en el texto mantener las expresiones

**Tabla 2.-** Propiedades, ensayos y límites en hormigones autocompactantes.

Propiedad	Ensayo	Medida	Rango admisible
Viscosidad / Fluidez	Escurrimiento (Figura 7), según UNE 83361	$T_{50}$ , $d_f$	$T_{50} \leq 8$ s $550 \text{ mm} \leq d_f \leq 850 \text{ mm}$
Viscosidad	Escurrimiento en embudo en V (Figura 8a), según UNE 83364	$T_v$	$4 \text{ s} \leq T_v \leq 20 \text{ s}$
Resistencia al bloqueo	Escurrimiento con anillo J (Figura 8c), según UNE 83362	$C_{BL}$	$0,75 \leq C_{BL} \leq 1,00$
	Caja en L (Figura 8b), según UNE 83363	$d_{jf}$	$d_{jf} \geq d_f - 50 \text{ mm}$
Segregación	Escurrimiento (Figura 7), según UNE 83361	Cualitativo, observando el frente de la torta	



Figura 8.- Ensayos de viscosidad y resistencia al bloqueo. a) Ensayo de escurrimiento en embudo en V. b) Ensayo de la caja en L. c) Ensayo de escurrimiento con anillo J.

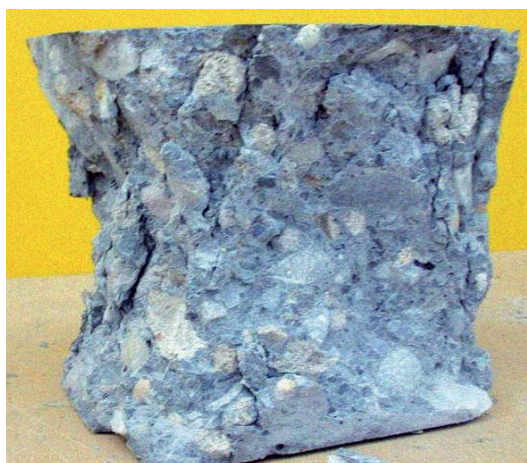


Figura 9.- Hormigón con áridos reciclados.

del articulado, válidas también para la retracción y la fluencia. El cálculo de los distintos estados límite no se ve afectado en el HAC.

Por último, el anejo aporta indicaciones precisas relativas a la fabricación y colocación del hormigón, caracterizadas por las exigencias requeridas en la fase de colocación (es-

tructurales, operativas, ambientales y prestaciones). Todas estas exigencias deben ser tenidas en cuenta en el proyecto.

El Anejo 15 introduce las recomendaciones más relevantes a la hora de proyectar una estructura con **hormigón con áridos reciclados** (Figura 9). Este material es, probablemente, el más novedoso de los abordados por la EHE-08, pero su entrada se ha producido tras una notabilísima campaña experimental ligada a la directriz de la sostenibilidad, una de las más relevantes en esta edición. La base de trabajo es muy sólida, ya que no en vano se generan en España cerca de 40 millones de toneladas de residuos de construcción y demolición, de los que aproximadamente el 75 % corresponden a materiales de tipo pétreo o cerámico (piedras, hormigón y material cerámico). El reto evidente que se plantea es la posibilidad de introducir estos residuos, tras un proceso de reciclaje (Figura 10), como nuevos materiales de construcción y, específicamente en el ámbito de la Instrucción, como áridos para nuevos hormigones.

La prudencia marca nuevamente la orientación dada a este anejo, manifestada a través de su alcance: la sustitución de un 20 % del árido grueso por árido reciclado procedente de hormigón estructural apenas interfiere en los procesos de fabricación y en las propiedades de los hormigones reciclados, limitados éstos a los ámbitos en masa (HRM) o armados (HRA) y siempre con una resistencia máxima de 40 N/mm<sup>2</sup>. La variabilidad del origen, no obstante, impone la necesidad de disponer de un documento de identificación que evite la reutilización de material procedente de estructuras con patología conocida.

Otras normas alcanzan mayores cotas de sustitución, y el anejo ofrece indicaciones en este sentido. La diferencia entre los áridos habituales y los reciclados procedentes de hormigón es sin duda el mortero adherido, material más débil y de mayor absorción que implica una discontinuidad en la superficie del árido, precisamente el nexo de unión con la nueva pasta. Los procesos de reciclaje



## REPORTAJES



⇒ **Figura 10.-** Residuos de hormigón, planta de tratamiento, árido reciclado y colocación de hormigón reciclado en el tablero del nuevo puente atirantado de Manises.

de los residuos, con una fase de machaqueo, conducen a que las fracciones por debajo de 4 mm incluyan un porcentaje apreciable de antiguo mortero, y de ahí que se desestimen. Además del mortero adherido, una cierta cantidad de impurezas acompaña indefectiblemente a estos áridos, por lo que deben limitarse.

La absorción de los áridos reciclados se limita al 7 %, consiguiéndose que el conjunto del árido grueso no supere el 5 %. Se exige igualmente el coeficiente de Los Ángeles de los áridos convencionales. La durabilidad de los hormigones está garantizada para el alcance del anejo, pudiendo mantenerse los recubrimientos aunque puedan requerirse variaciones en la cantidad de agua y cemento a causa de la mayor absorción de los áridos. La ejecución se ve afectada mínimamente por la misma cuestión, siendo más adecuada la fabricación con el árido saturado para evitar una demanda imprecisa de agua.

El cálculo apenas sí sufre modificaciones. De aumentar el porcentaje sustituido por encima del 20 %, comienzan a aparecer variaciones en el módulo de elasticidad (que tendería a disminuir), en el diagrama tensión/deformación (se desplazaría a la derecha), en las deformaciones reológicas (que serían superiores) o en la longitud de anclaje (aumentaría hasta un 10 %). Pero todas las verificaciones relativas a los ELS y a los ELU pueden adoptarse del articulado para la sustitución y resistencias mencionadas.

Esta prudencia no es tan necesaria en el caso del **hormigón no estructural**, que en el Anejo 18 queda tratado, ya que se permite en su fabricación el empleo de hasta el 100 % del árido grueso reciclado. Este anejo cubre una laguna de la EHE-98, y afecta a un volumen significativo del hormigón que se fabrica en España tanto en la línea del hormigón de limpieza (HL) como en la del hormigón no estructural (HNE).

## ÍNDICE DE CONTRIBUCIÓN DE LA ESTRUCTURA A LA SOSTENIBILIDAD

El último anejo que requiere una reflexión es el 13, ya que aborda (muy ligado al que se acaba de tratar) la definición y cálculo del índice de contribución de la estructura a la sostenibilidad. En demasiadas ocasiones, y no siempre justificadamente, el vasto campo de la construcción, y específicamente el del hormigón, aparece vinculado a la imagen de un depredador. Era ocasión y momento de dar un paso adelante en este sentido, afrontado por la Comisión Permanente del Hormigón introduciendo un anejo innovador.

¿Qué se le puede exigir a una estructura de hormigón en el ámbito de la sostenibilidad? El anejo hace un repaso revelador, apuntando una relación de objetivos entre los que pueden destacarse:

- La optimización del consumo de materiales.
- La extensión de la vida útil de la estructura.
- El uso de cementos fabricados a partir de subproductos y con bajas emisiones de CO<sub>2</sub>.
- El empleo de áridos reciclados.
- El uso de agua reciclada.
- El uso de aceros procedentes de chatarra y con bajas emisiones de CO<sub>2</sub>.
- El desarrollo de sistemas de certificación medioambiental.
- El uso de productos con distintivos de calidad.
- El aumento de la seguridad y salud en la obra.
- El empleo de criterios innovadores que introduzcan mayor productividad y menores impactos de la obra sobre el entorno.

- Y, en definitiva, el uso de herramientas en el proyecto, construcción, gestión, uso y deconstrucción de la estructura que minimicen el empleo de recursos naturales, de acuerdo a los más avanzados criterios ligados a la sostenibilidad.

Todos y cada uno de estos requisitos se tratan en el texto, pudiendo distinguirse tanto aspectos propios del proyecto u obra como cuestiones que aportan un valor social añadido a la estructura. Esta idea inicial abre el camino de la definición de dos índices: uno global (ICES, Índice de Contribución de la Estructura a la Sostenibilidad) y otro particular (ISMA, Índice de Sensibilidad Medioambiental de la estructura de hormigón). Ambos están relacionados a través de la ecuación

$$ICES = a + b \cdot ISMA$$

en la que a y b son coeficientes que representan la contribución social de la estructura (aspectos relacionados con el I+D+i, con la seguridad y salud de la obra, etc.) o la extensión de la vida útil por encima de los períodos contemplados en el artículo 5 de la Instrucción. La determinación del

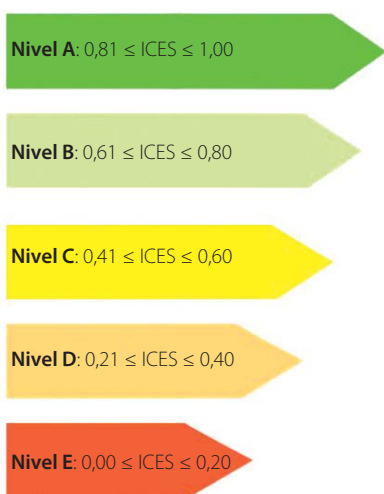


Figura 11.- Niveles del índice contribución de la estructura a la sostenibilidad.

ICES (un valor entre 0 y 1) permite clasificar una estructura a partir de los cinco niveles definidos (Figura 11), siendo la propiedad quien debe proponer su uso y quedando obligada, de hacerlo, a tenerlo presente a la hora de licitar y controlar el proyecto y la obra.

El ICES se calcula a través del ISMA, índice que considera aspectos propios de la obra y relacionados fundamentalmente con el tipo de empresas vinculadas al hormigón y acero empleados, a los propios materiales fabricados y a los residuos generados y su gestión. El ISMA se obtiene, a partir de

las técnicas propias de los análisis multicriterio, mediante el producto de varios coeficientes de peso por un coeficiente de valor que se expresa en forma de ecuación dependiente de las variables ligadas a cada requisito de los arriba enunciados. Los coeficientes de peso, hasta tres, reducen el coeficiente de valor con factores entre 0 y 1, de acuerdo a las características contempladas en el proyecto y conseguidas en obra.

La aplicación del ICES y del ISMA queda claramente formulada por el anejo, pero simplificará mucho más su puesta en marcha la existencia de un código informático que se pondrá a disposición de los técnicos en la página web de la Comisión Permanente del Hormigón. ■

✂

**zuncho** Revista trimestral

Si todavía no recibe nuestra revista y quiere recibirla gratuitamente o que la reciba otra persona, por favor háganos llegar los datos adjuntos por fax (91 562 45 60) o por correo electrónico (buzon@calsider.com).

Nombre: \_\_\_\_\_

Empresa: \_\_\_\_\_

Cargo: \_\_\_\_\_

Dirección postal: \_\_\_\_\_

E-mail: \_\_\_\_\_ Tel.: \_\_\_\_\_ Fax: \_\_\_\_\_

De acuerdo con la Ley 15/1999 de 13 de diciembre de Protección de Datos de Carácter Personal (LOPD), los datos personales suministrados por el Usuario serán incorporados a un Fichero automatizado. En cumplimiento de lo establecido en la LOPD, el Usuario podrá ejercer sus derechos de acceso, rectificación, cancelación y oposición. Para ello puede contactar con nosotros en el teléfono 91 561 87 21 o enviándonos un correo electrónico a buzon@calsider.com.



# PRECER<sup>®</sup>

ACEROS PARA ARMADURAS ACTIVAS

Es una marca de excelencia destinada a destacar aquellos productos de acero para armaduras activas de hormigón pretensado de más alto nivel.

Producto	Tipo acero	Etiquetas
CORDONES	Y 1770 S2	
	Y 1770 S7	
	Y 1860 S3	
	Y 1860 S7	
	Y 1960 S3	
	Y 2060 S3	
ALAMBRES	Y 1570 C	
	Y 1670 C	
	Y 1770 C	
	Y 1860 C	

Empresas en posesión de la licencia de uso de la marca PRECER:



Emesa  
Trefilería



PRODERAC  
PRODUCTOS DERIVADOS DEL ACERO, S/A



SOCITREL



Emesa Trefilería, S.A. (EMESA)

Productos Derivados del Acero, S.A. (PRODERAC)

Sociedade Industrial de Trefilaria, S.A. (SOCITREL)

Trenzas y Cables de Acero PSC, S.L. (TYCSA)



## Calidad Siderúrgica



# LOS DISTINTIVOS DE CALIDAD OFICIALMENTE RECONOCIDOS

**Julio Vaquero** - Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. IPAC.

La Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08 contempla la utilización de materiales, productos y procesos que presenten un nivel de garantía superior al exigido reglamentariamente, por lo que son objeto de un tratamiento diferencial, tanto en lo relativo al proyecto, como al control o la ejecución de la estructura.

Este planteamiento no es novedoso, pues figuraba ya en la "Instrucción para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón en masa o armado EH-80" (R.D. 2868/1980), hace ya casi 30 años. En aquel entonces eran muy pocos los materiales que ostentaban algún distintivo de calidad, pero ya se establecían las bases en las que se asientan los planteamientos actuales.

Los coeficientes de minoración de la resistencia de los materiales se podían reducir en función del nivel de control que se efectuase sobre ellos (Art. 31º EH-80), y se podían aplicar condiciones especiales en los criterios de aceptación o rechazo de los materiales, y más concretamente del acero (Art. 71.6 EH-80), tal y como se recoge a continuación:

"c) Control de aceros homologados en obras de edificación.

*En las obras de edificación si el material ostenta el sello de conformidad CIETSID homologado por el Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, se procederá de la siguiente manera:*



c.1) Si el Projectista prescribe el empleo de acero con este sello adaptará  $\gamma_s = 1,15$ , si el control a efectuar es de nivel normal reduciendo en un 50 por 100 la intensidad de muestreo, o  $\gamma_s = 1,10$  si el control fuera de nivel normal. No se considera necesario aplicar a materiales con este sello el control a nivel intenso.

c.2) Si no figura en el Proyecto el empleo de acero con este sello, la Dirección de Obra podrá reducir en un 50 por 100 la intensidad de muestreo si se trata de control a nivel normal, en el caso de que se registre algún fallo en cualquiera de los ensayos se procederá según lo indicado en b). Si se trata de control a nivel intenso la Dirección de Obra podrá realizar los ensayos indicados en b) para el Control a nivel normal!"

Esta situación se mantuvo en las posteriores Instrucciones EH-82, EH-88 y EH-91, experimentando un cambio considerable con la Instrucción EHE del año 1998 (en lo sucesivo EHE-98 para evitar confusiones), en la que por primera vez aparece la figura del distintivo reconocido, junto con el Certificado CC-EHE (Art. 1.1 EHE-98).



## REPORTAJES

### JULIO VAQUERO

Director del Instituto para la Promoción de Armaduras Certificadas (IPAC) es Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos por la Universidad Politécnica de Madrid. Su actividad profesional se ha centrado sobre el hormigón estructural, tanto en lo relativo a las características de sus materiales componentes, como a sus diversas aplicaciones en carreteras, puentes, presas o edificios.



Miembro de prestigiosas organizaciones científicas del hormigón, como el American Concrete Institute (ACI), la Fédération Internationale du Béton (fib), la Asociación Científico-técnica del Hormigón Estructural (ACHE) o la Asociación Española de Ingeniería Sísmica (AEIS), ha participado muy activamente en la elaboración de la normativa española y europea relacionada con este material, así como en la reglamentación española al respecto.

Es también el Director de las marcas ARCER, de aceros corrugados para hormigón, y FerraPlus de ferralla certificada, impulsadas ambas desde el sector siderúrgico.

El Certificado CC-EHE surge como una forma de acreditar la conformidad de un producto con las especificaciones establecidas en la Instrucción EHE-98. Podía ser otorgado por un Organismo español —oficial o privado— autorizado para realizar tareas de acreditación, o por las Administraciones

Públicas bien de forma directa o a través de sus Centros Directivos u Organismos administrativos designados para ello, describiéndose de forma muy somera el procedimiento para su concesión (Ver Tabla 1).

➔ **Tabla 1.- Procedimiento de concesión de Certificados CC-EHE y de distintivos reconocidos (Instrucción EHE-98).**

Para el fabricante	<p>Ensayo de muestras del producto tomadas en fábrica, en los puntos de expedición. Control continuo de la producción en fábrica.</p> <p>Tener implantado un sistema de aseguramiento de la calidad según UNE-EN-ISO 9002.</p>
Para el laboratorio de ensayos (propio del certificador o autorizado conforme al Real Decreto 2200/1995)	<p>Ensayo inicial de producto.</p> <p>Ensayo de muestras tomadas aleatoriamente en fábrica, mercado u obra.</p>
Para el certificador	<p>Inspección inicial de la fábrica y del control de producción en la misma.</p> <p>Vigilancia, supervisión y evaluación continua del control de producción en fábrica.</p> <p>Verificación estadística de la producción mediante contraste de los resultados de los ensayos realizados por el laboratorio antes mencionado y los resultados obtenidos por el fabricante.</p> <p>Auditoría y vigilancia del sistema de aseguramiento de la calidad, según UNE-EN-ISO 9002, del fabricante.</p> <p>Certificación de conformidad del producto con la Instrucción EHE, si procede.</p> <p>Obligación de comunicar al Ministerio de Fomento (Secretaría General Técnica), la relación de las certificaciones de conformidad CC-EHE concedidas, así como de las renovadas y retiradas o anuladas por cada semestre natural cerrado. El certificador tendrá esta relación a disposición del público.</p>

Tabla 2.- Distintivos de calidad oficialmente reconocidos a los efectos de la Instrucción EHE-98 (Fuente: Secretaría General Técnica del Ministerio de Fomento).

Producto	Distintivo Reconocido
Cemento	AENOR, AIDICO, APPLUS
Hormigón	AENOR, AIDICO
Acero para armaduras	AENOR
Ferralla	AENOR, AIDICO

La otra vía contemplada por la Instrucción EHE-98 era la del reconocimiento, por parte de Centros Directivos de las Administraciones Públicas con competencias en el ámbito de la construcción, de marcas, sellos, certificados de calidad, etc. existentes en el mercado de productos de construcción, que cumplieren con las especificaciones establecidas por ésta. Estos Centros Directivos debían velar porque el procedimiento de concesión y renovación, así como las causas de denegación o retirada del distintivo cumplieren las mismas exigencias establecidas para los Certificados CC-EHE.

La Instrucción EHE-98 contemplaba una serie de beneficios en el control de recepción de productos en posesión de un distintivo reconocido o un Certificado CC-EHE, así como en la ejecución de la estructura al poder hormigonar un elemento sin tener que esperar a los resultados de los ensayos de control del acero que constituye la armadura (Art. 90.1 y 90.3.2 EHE-98).

De las dos vías descritas, los productos de construcción optaron mayoritariamente por el sistema del distintivo reconocido, quedando la vía de la Certificación CC-EHE relegada a algún caso aislado.

La nueva Instrucción EHE-08 opta por sistemas que garanticen un nivel de calidad y de garantías superior al exigido reglamentariamente —marcado CE y/o Instrucción— definiendo de una manera pormenorizada (Anejo 19) la vía a través de la cual se puede efectuar la comprobación de que esto es así, y contempla una serie de consideraciones especiales para ellos, tanto en los coeficientes parciales de seguridad de los materiales, como en materia de control o de ejecución, como se irá describiendo a lo largo de este artículo.

### NIVELES DE GARANTÍA Y DISTINTIVOS DE CALIDAD

Los materiales y productos de construcción que se incorporen con carácter permanente a las estructuras deben presentar las características suficientes para que éstas cumplan las exigencias establecidas para ellas en la Instrucción EHE-08. Para ello, el proyecto debe indicar las características técnicas mínimas que deben cumplir los productos, equipos y sistemas, así como sus condiciones de suministro, las garantías de calidad y el control de recepción que deba realizarse sobre los mismos.

Para facilitar la consecución de este objetivo, la Instrucción contempla la posibilidad de que los productos y procesos dispongan, de manera voluntaria, de un nivel de garantía superior al mínimo exigido, estableciendo para ellos una serie de consideraciones especiales que faciliten su utilización en las obras y que constituya, en definitiva, un elemento diferencial. En este sentido, la Instrucción hace una llamada a Projectistas y Direcciones Facultativas (Art. 4.2.2 y 4.2.3) para que a la vista de las mayores garantías técnicas y de trazabilidad de estos productos y procesos, prescriban su empleo en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares del Proyecto, o bien lo exijan durante la ejecución de las obras, en el caso de que no hubiese sido contemplado en éste.

***"La nueva Instrucción opta por sistemas que garanticen un nivel de calidad y garantías superior al exigido reglamentariamente"***

Con el fin de que esta vía se encuentre al alcance de todos los productos y sistemas la Instrucción contempla una doble vía para demostrar que se está ofreciendo un nivel de garantía adicional y superior al mínimo exigido (Art. 81):



## REPORTAJES



- a) Mediante la posesión de un distintivo voluntario de calidad reconocido oficialmente.
- b) Mediante la implantación de un sistema equivalente validado y supervisado bajo la responsabilidad de la Dirección Facultativa, que únicamente se puede emplear para productos fabricados en la propia obra (por ejemplo, hormigón o elementos prefabricados) o procesos ejecutados en la misma (por ejemplo, la ferralla).

En ambos casos, hay que cumplir las garantías exigidas por la Instrucción en su Anejo 19.

### RECONOCIMIENTO OFICIAL DE DISTINTIVOS DE CALIDAD

Al tratarse de iniciativas voluntarias, los distintivos de calidad pueden presentar diferentes criterios para su concesión. Por ello, la Instrucción EHE-08 establece las condiciones que permiten discriminar cuándo estos distintivos conllevan un nivel de garantía adicional al mínimo reglamentario y pueden, por lo tanto, ser objeto de reconocimiento oficial por parte de las Administraciones competentes.

¿Qué Administraciones son competentes para efectuar este reconocimiento? En principio todas aquellas que tengan competencia en el ámbito de la construcción y que pertenezcan a cualquier Estado miembro del Espacio Económico Europeo (Art. 4.1).

La Administración que efectúa el reconocimiento asume también una serie de responsabilidades, pues debe comprobar que se cumplen los requisitos establecidos por la Instrucción EHE-08 y velar para que éstos se mantengan en el tiempo. Todo ello debe reflejarlo así en la disposición oficial que realice en la que se ha de indicar expresamente que el reconocimiento se efectúa a los efectos indicados en la Instrucción EHE-08 y de acuerdo con las bases técnicas en él contenidas.

Para asumir esta responsabilidad, se prevé que la Administración que lleve a cabo el reconocimiento pueda tener acceso a toda la documentación y actividades que se realicen en el seno del distintivo voluntario de calidad objeto de reconocimiento, y que incluso pueda designar representantes suyos en los comités correspondientes que adopten decisiones en materia de certificación, garantizando así la seguridad de los usuarios.

***"La Administración debe comprobar que se cumplen los requisitos establecidos y velar para que se mantengan en el tiempo"***

Una vez que la Administración competente ha reconocido un distintivo voluntario de calidad, debe proceder a comunicarlo oficialmente al Secretario General Técnico del Ministerio de Fomento quien resolverá, en su caso, la inscripción en el registro de distintivos oficialmente reconocidos así como su inclusión en la relación que figura en la página WEB de la Comisión Permanente del Hormigón para su difusión y conocimiento general ([www.fomento.es/cph](http://www.fomento.es/cph)).

## REQUISITOS A CUMPLIR POR PARTE DE LOS DISTINTIVOS

Como ya se ha mencionado, para que un distintivo de calidad pueda optar a un reconocimiento oficial debe reunir una serie de condiciones descritas en el Anejo 19 de la Instrucción EHE-08. Su principal objetivo es comprobar que se trata de un distintivo voluntario, imparcial e independiente, con unas sólidas bases técnicas y unos criterios de conformidad

exigentes que garanticen un riesgo del usuario inferior al previsto por la propia Instrucción en los mecanismos de control obligatorios.

Los requisitos se dividen en dos grandes grupos:

- Requisitos de carácter general** que ha de reunir el distintivo, el organismo certificador, los laboratorios verificadores y los sistemas de producción.

Tabla 3.- Requisitos de carácter general de los distintivos de calidad para ser reconocidos (Anejo 19).

DISTINTIVO DE CALIDAD
<p>Debe ser de carácter voluntario.</p> <p>Debe otorgarse sobre la base de un reglamento regulador en el que se definan sus garantías particulares, su procedimiento de concesión, su régimen de funcionamiento —incluyendo el tratamiento correspondiente a productos no conformes, acciones correctoras e información a los clientes—, sus requisitos técnicos, que han de ser conformes con la Instrucción EHE-08, así como las reglas para la toma de decisiones relativas al mismo.</p> <p>El reglamento ha de ser público y contemplar procedimientos específicos tanto para instalaciones ajenas a la obra como para instalaciones que pertenezcan a la misma o para procesos que se realicen en la obra.</p> <p>La concesión del distintivo ha de ser independiente e imparcial, y se ha de basar en datos del control de producción durante un período de, al menos, seis meses, que puede reducirse a dos meses en el caso particular de instalaciones de obra.</p>
ORGANISMO CERTIFICADOR
<p>Debe ser un organismo acreditado para la certificación de productos, o de procesos, según corresponda.</p> <p>Disponer de un órgano específico para cada producto o proceso, responsable de analizar la correcta aplicación del reglamento regulador del distintivo de calidad, y de adoptar las decisiones relativas a la concesión del distintivo. Este órgano ha de estar formado, de forma equilibrada, por representantes de los fabricantes, los usuarios y los agentes colaboradores con la certificación (laboratorios, auditores, etc.).</p> <p>Debe comprobar la suficiencia de los laboratorios utilizados para efectuar el control de producción, la conformidad de los resultados obtenidos y la adopción de medidas correctoras en caso de producirse no conformidades.</p> <p>Debe realizar ensayos periódicos de contraste de las propiedades de los productos amparados por el distintivo mediante laboratorios verificadores, organizar programas anuales de ensayo interlaboratorios, y establecer un sistema de seguimiento en el mercado, para comprobar tanto las propiedades de los productos, como la documentación que los acompaña.</p>
LABORATORIOS VERIFICADORES
<p>Laboratorios acreditados según el Real Decreto 2200/1995, de 28 de diciembre, conforme a UNE-EN-ISO/IEC 17025 o pertenecientes a alguna Administración Pública con competencias en el ámbito de la construcción.</p> <p>Independientes de los laboratorios que realizan el control de producción de los materiales o productos amparados por el distintivo.</p>
SISTEMA DE PRODUCCIÓN
<p>Debe tener implantado un sistema de gestión de la calidad auditado por el Organismo Certificador.</p> <p>Disponer de un laboratorio propio o contratado para el control continuo de la producción y del producto a suministrar.</p> <p>Debe tener definido y desarrollado un control de producción continuo en fábrica.</p> <p>Debe tener suscrito un seguro de responsabilidad civil que ampare los posibles daños producidos por productos no conformes.</p> <p>Disponer de un sistema que permita poner a disposición de los usuarios que así lo requieran, los resultados del control de producción.</p>



## REPORTAJES

⇒ **Tabla 4.-** Requisitos específicos de los distintivos de calidad de aceros para ser reconocidos (Anejo 19).

### ACERO PARA ARMADURAS PASIVAS

Garantizar un valor añadido respecto a las características exigidas por el mercado CE cuando éste sea obligatorio.

Diferenciar las producciones en función de las formas de suministro: barra o rollo.

Garantizar valores añadidos enfocados a los procesos de transformación del acero para la obtención de armaduras pasivas.

Exigir que los productos dispongan de sistemas de etiquetado mediante códigos informatizados que garanticen la trazabilidad del acero hasta el nivel de colada y faciliten su gestión al cliente.

### ACERO PARA ARMADURAS ACTIVAS

Garantizar las condiciones de adherencia que permitan emplear las longitudes de anclaje y transferencia contempladas en la Instrucción EHE-08.

Garantizar los valores de relajación establecidos para una tensión inicial mayor a la indicada (80 % de la fuerza máxima en lugar del 70 %).

Definir la realización de comprobaciones experimentales de las características de adherencia sobre probetas o elementos, acotando el riesgo de variabilidad con una garantía estadística suficiente.

b) **Requisitos específicos** para cada material, producto o proceso, contemplando específicamente los siguientes:

- Acero para armaduras pasivas.
- Acero para armaduras activas.
- Hormigón fabricado en central.
- Prefabricados de hormigón.
- Armaduras pasivas (normalizadas, elaboradas y ferralla armada).
- Sistemas de aplicación del pretensado.

***"Un distintivo de calidad  
podrá ser reconocido si  
demuestra que es voluntario,  
imparcial e independiente,  
con unas sólidas bases  
técnicas y unos criterios de  
conformidad más exigentes  
que los que establece la  
Instrucción"***

Los requisitos específicos recogen las particularidades propias de cada material, producto o proceso, pero tienen exigencias comunes como, por ejemplo, la relativa a garantizar la trazabilidad, o la existencia de exigentes sistemas de autocontrol con

un nivel de ensayos importante y auditado por un tercero, entre otras.

En el caso del hormigón fabricado en central se contemplan dos niveles de exigencia diferentes. Ello es debido a que se admite, con carácter transitorio y hasta el 31 de diciembre de 2010, un nivel de exigencia similar al empleado para efectuar el reconocimiento a los efectos de la Instrucción EHE-98, permitiendo así que se produzca una adaptación progresiva de las instalaciones. En cualquier caso, y para evitar confusiones, las centrales de fabricación de hormigón han de optar por uno de los dos niveles de reconocimiento, no pudiendo tener productos con niveles de garantía diferentes.

Estas diferencias comentadas para el hormigón en cuanto a nivel de exigencias y de garantías, se reflejan también en las consideraciones especiales que recoge la Instrucción para este producto.

### CONSIDERACIONES ESPECIALES

La Instrucción EHE-08 contempla la aplicación de ciertas consideraciones especiales para los materiales, productos y procesos que presenten un nivel de garantía superior. Estas consideraciones especiales

pueden tener efecto, en principio, en los siguientes aspectos:

- 1) *En el dimensionamiento de los elementos estructurales* al contemplar distintos coeficientes parciales de seguridad (Art. 15.3).
- 2) *En la elección de suministradores*, al poder exigirse el empleo de materiales, productos o sistemas con un nivel de garantía superior, tanto en el Pliego de Prescripciones Técnicas del proyecto, como por parte de la Dirección Facultativa (Art. 4.2.2 y 4.2.3).
- 3) *En el empleo de adiciones al hormigón en el momento de su fabricación*, como es el caso de las cenizas volantes (Art. 30).
- 4) *En el control de recepción*, mediante la reducción del número de comprobaciones a efectuar o bien mediante la exención de la realización de cualquier tipo de comprobación que no sea la documental.
- 5) *En los procesos de ejecución*, como por ejemplo el hormigonado de elementos (Art. 71.5) o el em-

pleo de soldadura resistente para la elaboración de las armaduras pasivas (Art. 88.5.3.4).

### CONSIDERACIONES QUE AFECTAN AL DIMENSIONAMIENTO DE LOS ELEMENTOS

#### Coefficientes parciales de seguridad

Los coeficientes parciales de seguridad de los materiales para el estudio de los Estados Límite Últimos pueden disminuirse a los valores indicados en la Tabla 5 cuando se dan las circunstancias a) y b) en el caso del hormigón, y al menos dos de entre la a), c) y d) en el caso del acero (Art. 15.3.1 y 15.3.2):

- a) Que la ejecución de la estructura se controle con nivel intenso, y que las tolerancias de colocación de la armadura sean conformes con las definidas explícitamente en el proyecto, las cuales deberán ser, al menos, igual de exigentes que las indicadas en el apartado 6 del Anejo nº 11 de la Instrucción EHE-08 (ver Tabla 6).
- b) Que el hormigón esté en posesión de un distintivo de calidad oficialmente reconocido, o que forme parte de un elemento prefabricado que ostente un distintivo de calidad oficialmente reconocido.

Tabla 5.- Coeficientes parciales de seguridad de los materiales para Estados Límite Últimos (Art. 15.3).

Situación de proyecto	Hormigón, $\gamma_c$			Aceros pasivo y activo, $\gamma_s$	
	Sin DOR	Con DOR		Sin DOR	Con DOR
		General	Prefabricado		
Persistente o transitoria	1,50	1,40	1,35	1,15	1,10
Accidental		1,30		1,00	

Tabla 6.- Tolerancias aplicables para reducir los coeficientes parciales de seguridad de los materiales (Art. 6 Anejo 11).

Dimensión h ó b (mm)	Sección transversal $\pm \Delta h, \Delta b$ (mm)	Posición de la armadura $\pm \Delta c$ (mm)
$\leq 150$	5	5
400	10	10
$\geq 2.500$	30	20

Nota 1: los valores intermedios se podrán obtener por interpolación lineal.

Nota 2:  $\Delta c$  se refiere al valor medio obtenido para las armaduras pasivas o para los tendones de pretensado en la sección transversal o en una anchura de 1,0 m para el caso de losas o muros.

Nota 3: En el caso particular de elementos prefabricados el cálculo de la capacidad resistente de la sección debe realizarse considerando los valores reales medidos en el elemento ya terminado, o bien una sección reducida con unas dimensiones geométricas críticas obtenidas a partir de los valores nominales reducidos por las desviaciones indicadas en esta tabla.



## REPORTAJES

- c) Que las armaduras pasivas o activas, según el caso, estén en posesión de un distintivo de calidad oficialmente reconocido, o que formen parte de un elemento prefabricado que ostente un distintivo de calidad oficialmente reconocido.
- d) Que el acero para las armaduras pasivas esté en posesión de un distintivo de calidad oficialmente reconocido.

### "Estar en posesión de un DOR puede suponer ventajas competitivas en el proceso de ejecución de la estructura"

#### Fuerza de pretensado

En el caso de elementos pretensados con armadura pretesa o de elementos postesados en los que tanto el acero para armaduras activas como el aplicador del pretensado, o en su caso el prefabricador, presenten un nivel de garantía adicional (distintivo reconocido o sistema equivalente), se acepta un incremento de la tensión de tesado de un 5 % con relación a los materiales o procesos que no presenten esta garantía adicional (Art. 20.2.1).

#### Longitudes de transmisión y anclaje de las armaduras activas

La longitud necesaria para que la fuerza de pretensado introducida en una armadura activa se transfiera al hormigón por adherencia se denomina longitud de transmisión, mientras

que la necesaria para garantizar el anclaje de dicha armadura al hormigón hasta la rotura del acero se conoce como longitud de anclaje. Ambas dependen de la tensión de adherencia entre el acero y el hormigón que, en general, se determinará experimentalmente.

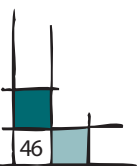
Dado que para reconocer un distintivo de calidad en un acero activo es preciso contar con estas determinaciones experimentales, con una adecuada significación estadística (ver Tabla 4), la Comisión Permanente del Hormigón ha considerado oportuno, a través de los comentarios efectuados en el artículo 70.2.3, admitir un incremento del 10 % en las tensiones de cálculo de adherencia,  $f_{bpd}$  o lo que es lo mismo, disminuir en un 10 % las longitudes de anclaje y transferencia, en el caso de que los aceros para armaduras activas estén en posesión de un distintivo oficialmente reconocido (en adelante DOR). Eso siempre y cuando se adopten las medidas adecuadas para evitar una posible fisuración del hormigón como consecuencia de los incrementos originados en los estados tensionales de la sección.

Esta medida permite que el incremento de la tensión introducida en la armadura activa por estar en posesión de un DOR, no se vea penalizada por un incremento en las longitudes de anclaje y transferencia necesarias.

⇒ **Tabla 7.- Limitación de la fuerza de pretensado en función del nivel de garantía (Art. 20.2.1).**

	Tensión de tesado, $\sigma_{p0}$ (*)	
	General	Con nivel de garantía superior (**)
Situaciones permanentes	$\leq 0,70 f_{p \max k}$ $\leq 0,85 f_{pk}$	$\leq 0,75 f_{p \max k}$ $\leq 0,90 f_{pk}$
Situaciones temporales	$\leq 0,80 f_{p \max k}$ $\leq 0,90 f_{pk}$	$\leq 0,85 f_{p \max k}$ $\leq 0,95 f_{pk}$

(\*)  $\sigma_{p0}$  no mayor al menor de los valores indicados.  
(\*\*) nivel de garantía superior del acero y del aplicador del pretensado o prefabricador.  
 $f_{p \max k}$  carga unitaria máxima característica.  
 $f_{pk}$  límite elástico característico.





## CONSIDERACIONES QUE AFECTAN AL CONTROL DE RECEPCIÓN

Es en el control de recepción donde más destaca la adopción de consideraciones especiales para aquellos productos y procesos que presentan un nivel de garantía superior.

### Control documental

El control documental se simplifica notablemente para los productos y procesos en posesión de un DOR, siendo suficiente con la presentación de una declaración firmada por parte del Suministrador de estar en posesión de éste en la fecha del suministro.

Se les exige así de presentar una serie de documentación que sería obligatoria en caso contrario, como por ejemplo:

- Certificado de dosificación y ensayos previos y característicos del hormigón.
- Certificados de cualificación del personal y de procesos de soldadura, en el caso de las armaduras elaboradas y de los productos prefabricados.

En el caso de los ensayos previos y los ensayos característicos de resistencia no es necesaria su presentación en el caso de que se trate de hormigón preparado, siempre que se tengan documentadas experiencias anteriores de su empleo en otras obras, se vayan a utilizar materiales componentes de la misma naturaleza y origen, se utilicen las mismas instalaciones y los mismos procesos de fabricación.

### Inspección de las instalaciones

La Dirección Facultativa directamente o a través de una entidad de control debe valorar la conveniencia de efectuar una visita de inspección a las instalaciones de fabricación de hormigón, ferralla, productos prefabricados o sistemas de aplicación del pretensado. Sin embargo, esto no es necesario en el caso de que el producto o el proceso estén en posesión de un DOR.

### Toma de muestras y realización de ensayos

La Instrucción EHE-08 exige de la realización de cualquier control experimental a los siguientes productos y procesos que estén en posesión de un DOR:

- Acero para armaduras pasivas (Art. 87).
- Acero para armaduras activas (Art. 89).
- Armaduras normalizadas (mallas electrosoldadas y armadura básica electrosoldada en celosía) (Art. 88.1).
- Armaduras elaboradas y ferralla armada (Art. 88.5.3).
- Elementos prefabricados (Art. 91.5.3.1).
- Sistemas de aplicación del pretensado (Art. 90.5.2.1).

En el caso de armaduras elaboradas y de la ferralla armada en las que se empleen aceros en posesión de un DOR, se reduce a la mitad el número de ensayos necesarios para validar los procesos de enderezado en el autocontrol del fabricante (Art. 69.2.4), así como el número de ensayos para comprobar la conformidad de las características mecánicas de las armaduras durante el suministro o la fabricación en obra (Art. 88.5.3.1).

En el caso del hormigón el tratamiento es más complejo y hay que describirlo con algo más de detalle.

### Consideraciones especiales para el hormigón

Se amplía el tamaño de los lotes de control de la resistencia del hormigón, con la consiguiente reducción del número de ensayos, multi-





## REPORTAJES

➔ **Tabla 8.-** Número de amasadas a ensayar por lote en el control de la resistencia del hormigón (Art. 86.5.4.2).

Resistencia característica especificada en proyecto, $f_{ck}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Hormigones en posesión de un DOR del nivel más exigente	Otros casos
$f_{ck} \leq 30$	N = 1	$N \geq 3$
$35 \leq f_{ck} \leq 50$	N = 1	$N \geq 4$
$f_{ck} > 50$	N = 2	$N \geq 6$

plicándose por 5 veces en el caso de hormigones en posesión de un DOR con el nivel de exigencia más alto, y por 2 veces en el caso de que el DOR sea el que se define como transitorio, cuya validez, como ya se ha indicado, es hasta el 31 de diciembre de 2010 (Art. 86.5.4.1).

En estos casos se imponen únicamente dos limitaciones:

- Que el número de lotes a controlar no sea inferior a 3, correspondiendo, si es posible, cada uno de ellos a cada uno de los tipos de elementos estructurales considerados en la Instrucción: elementos trabajando a compresión, elementos trabajando a flexión y macizos.
- Que en el lote no haya amasadas suministradas a la obra durante un periodo superior a 6 semanas.

En cuanto a los criterios de aceptación o rechazo de los lotes también dependen de que el hormigón esté en posesión de un DOR. Si éste es del nivel más exigente, el control de conformidad que se efectúa en recepción pasa a ser un mero control de identificación, reduciéndose



al mínimo el número de amasadas a controlar dentro del lote. Así, serán una o dos dependiendo de si la resistencia característica es inferior o superior a 50 N/mm<sup>2</sup>, contemplándose además la aplicación de sencillos criterios estadísticos para el caso de que se haya detectado algún resultado no conforme pero que no esté por debajo del 90 % de la resistencia especificada.

El conjunto de estos criterios sobre tamaños de lote y número de amasadas de control supone una reducción del número de ensayos (hasta 15 veces menos), en comparación con un hormigón que no haya demostrado un nivel de garantía adicional al exigido por la Instrucción. El objetivo perseguido con esta medida es optimizar el control de un producto básico como es el hormigón, del que se confeccionaron más de 6 millones de probetas en el año 2007 para efectuar ensayos de recepción en obra.

### CONSIDERACIONES QUE AFECTAN AL MECANISMO DE CONTROL

La Instrucción contempla tres modalidades de control de la conformidad de la resistencia del hormigón:

- Control estadístico.
- Control al 100 por 100.
- Control indirecto.

El *control estadístico* es el que se aplica con carácter general a todo tipo de obras.

El *control al 100 por 100* se puede aplicar siempre que se adopte antes del inicio del suministro, y consiste en com-

Tabla 9.- Criterios de conformidad de la resistencia del hormigón (Art. 86.5.4.3).

Tipo de control estadístico	Criterio de aceptación	Observaciones
Hormigón en posesión de un DOR del nivel más exigente	$x_i \geq f_{ck} (*)$	Control de identificación
Hormigón en posesión de un DOR transitorio	$\bar{x} - 1,645 \sigma \geq f_{ck}$	Control mixto
Hormigón sin distintivo	$\bar{x} - K_2 r_n \geq f_{ck}$	Control de recepción
Hormigón sin distintivo suministrado de forma continua con un control en obra de más de 36 amasadas del mismo tipo de hormigón	$x_{(1)} - K_3 s_{35} \geq f_{ck}$	Control de recepción. Hasta la amasada 36 se aplica el criterio 3. A partir de la amasada 37 se aplica el criterio 4 con un número de amasadas por lote comprendido entre 2 y 6.

(\*) En el caso de no cumplirse este criterio, se aceptará el lote siempre que se cumplan simultáneamente las dos circunstancias siguientes:

1. No hay ningún valor individual inferior a  $0,9 \cdot f_{ck}$ .
2. Al revisar los resultados del control de producción correspondiente al periodo más próximo a la fecha de suministro se verifica:

$$\bar{x}_{14} - 1,645 \sigma \geq 0,90 f_{ck}$$

$x_i$  Cada uno de los valores medios obtenidos en las determinaciones de resistencia de cada una de las amasadas.

$x_{(1)}$  Valor mínimo de los resultados obtenidos en las últimas N amasadas.

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

$\bar{x}_{14}$  Valor medio del conjunto de valores que resulta de incorporar en resultado no conforme a los 14 resultados de control de producción que sean temporalmente más próximos al mismo.

$K_2, K_3$  Estimadores estadísticos función del número de amasadas controladas.

	N = 3	N = 4	N = 5	N = 6
$K_2$	1,02	0,82	0,72	0,66
$K_3$	0,85	0,67	0,55	0,43

$r_n$  Recorrido muestral definido como la diferencia entre el valor máximo y mínimo de los resultados obtenidos en las últimas N amasadas.

$s_{35}$  Desviación típica muestral de las últimas 35 amasadas.

$\sigma$  Valor de la desviación típica correspondiente a la producción del tipo de hormigón suministrado y certificado por el distintivo de calidad.

probar la resistencia de todas las amasadas que se suministran, por lo que en la práctica queda reducido al control de elementos aislados de mucha responsabilidad.

Por su parte, el control indirecto es un control muy específico que tan sólo puede aplicarse cuando el hormigón está en posesión de un distintivo de calidad oficialmente reconocido (Art. 86.5.6), limitándose al control de la consistencia del hormigón suministrado a la obra. Por ello, las características mecánicas del hormigón deben estar certificadas, la obra ha de ser

de pequeña importancia (edificios o viviendas de luces inferiores a 6 m y no más de 4 plantas), la resistencia de cálculo del hormigón se limita a un valor no superior a 10 N/mm<sup>2</sup>, el tipo de ambiente al que se ve expuesta la estructura ha de ser de agresividad reducida (tipos I ó II) y la Dirección Facultativa debe efectuar un control continuado.

### CONSIDERACIONES QUE AFECTAN A LA EJECUCIÓN DE LA ESTRUCTURA

El estar en posesión de un DOR puede suponer ventajas competitivas en el proceso de ejecución de la estructura.



## REPORTAJES

Así, en el artículo 71.5 de la Instrucción se indica:

*“Salvo en el caso de que las armaduras elaboradas estén en posesión de un distintivo de calidad oficialmente reconocido y que el control de ejecución sea intenso, no podrá procederse a la puesta en obra del hormigón hasta disponer de los resultados de los correspondientes ensayos para comprobar su conformidad.”*

Esto en la práctica supone retrasar el hormigonado hasta no tener los resultados de las características geométricas, mecánicas y de adherencia de la ferralla, lo que puede provocar retrasos y pérdidas de productividad.

En el caso de emplearse soldadura resistente en la elaboración de la armadura en una instalación ajena a la obra, ésta ha de estar en posesión de un distintivo oficialmente reconocido (Art. 88.5.3.4), mientras que si se efectúa en obra, la Dirección Facultativa la autorizará sólo si el nivel de control de ejecución es intenso, disponiendo además la realización de una serie de comprobaciones experimentales, en función del tipo de soldadura, tanto de aptitud al soldeo como posteriormente durante la ejecución, conforme a lo indicado en la norma UNE 36832.

Por otro lado, en la inyección de tendones se puede prescindir de toda comprobación experimental cuando el sistema de pretensado esté en posesión de un DOR, facilitando así esta unidad de obra.

## CONCLUSIONES

La Instrucción EHE-08 establece un sistema de garantías y de exigencias en el que van a jugar un papel importante los distintivos oficial-

mente reconocidos, que pueden abarcar campos tan diversos como el proyecto, los productos o los sistemas.

Se sientan las bases para poder evaluar, de una forma sencilla, el nivel de garantía que ofrecen los distintivos voluntarios de calidad y, en base a ello, proceder a efectuar su reconocimiento por parte de una Administración competente.

La figura de la Administración cobra un especial protagonismo, al ser la responsable de velar por el cumplimiento de las condiciones que hicieron posible el reconocimiento oficial de un distintivo, así como el mantenimiento de éstas en el tiempo.

Los materiales, productos y procesos que de forma voluntaria hayan optado por esta vía van a ser objeto de una serie de consideraciones especiales, facilitando las labores de control y supervisión, sin menoscabo de las potestades de las Direcciones Facultativas en el ejercicio de su función.

Por último, el registro oficial de estos distintivos en el que figuren aquellos productos o sistemas que los ostenten, sienta las bases para establecer una diferenciación positiva y animar a más productos y sistemas a optar por esta vía, como forma no sólo de mantener e incluso elevar la calidad de nuestras estructuras, sino también de contribuir al desarrollo sostenible y al uso más racional de nuestros recursos. ■



# CONTENIDOS DE CARÁCTER INDUSTRIAL

**Manuel Burón** - Plataforma Tecnológica Española del Hormigón.

**Ignacio Cortés** - Calidad Siderúrgica.

**Ricardo Cortés** - Seopan.

**L**a Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08 incluye entre sus especificaciones diversos aspectos con un claro contenido industrial, en la medida que de ellos se deducen obligaciones, requisitos y oportunidades para diferentes productos y, por extensión, a las industrias que los fabrican, elaboran o colocan en obra.

Este artículo pretende destacar los aspectos más relevantes y, también, poner de manifiesto el interés con que la industria acoge este nuevo texto reglamentario.

La Instrucción EHE-08, en la línea de las anteriores, pone al día conceptos, criterios de dimensionado, especificaciones y controles de calidad en consonancia con los avances del conocimiento, la tecnología y las exigencias que se configuran en la sociedad actual. Es, por tanto, una Instrucción moderna que se ajusta a la realidad de su tiempo. En consecuencia, une las ya tradicionales garantías al usuario, expresadas en términos de seguridad y calidad, con otras también fundamentales, como la sensibilidad positiva hacia el medio ambiente o la necesaria contribución al incremento de la sostenibilidad

***"El aumento de la durabilidad y de la vida útil de un proyecto incrementa la sostenibilidad de lo construido ahorrando costes"***

exigible a cualquier actividad humana que tenga relación con los recursos naturales, la energía no renovable, el medio que la rodea, la economía o el bienestar social.

Todos ellos son conceptos que atañen directamente a la industria, como uno de los agentes activos de la sociedad, que los considera en el día a día como elementos fundamentales de la propia actividad industrial.

Un producto industrial se puede definir como aquel que:

- es fabricado con un procedimiento repetitivo;
- está sometido a un plan de aseguramiento de la calidad (control de la producción realizado por el propio fabricante);
- es consecuencia de un proceso de I + D + i, como actividad básica de cualquier industria;
- es sostenible, se mantiene en el tiempo con el aprecio positivo de la sociedad.

La nueva Instrucción EHE-08 trata sobre el hormigón estructural y establece condiciones para su empleo que animan a considerarlo como un producto industrial en sí mismo, pues:

- puede estar sometido a un control de producción por parte del fabricante, si éste aspira a que las garantías que su producto ofrece al usuario estén certificadas por un Distintivo Voluntario de Calidad que pueda ser Oficialmente Reconocido por las Administraciones Públicas competentes;
- puede cumplir con las pautas que, contenidas en dicha Instrucción, cuantifican el incremento de sostenibilidad expresado en el índice de contribución de la estructura a la sostenibilidad;



## REPORTAJES

- puede desarrollarse mediante actividades de I+D+i, siendo las especificaciones incluidas en la Instrucción EHE-08 un sólido punto de partida para acreditar la bondad de dicho proceso y de la solución innovadora, como resultado final del mismo.

La inclusión en la Instrucción EHE-08 de nuevos hormigones (ligeros, autocompactantes con fibras, con áridos reciclados procedentes de otros hormigones) y de hormigones de alta resistencia hasta 100 N/mm<sup>2</sup>, permite la utilización de cualquiera de ellos sin ninguna reserva técnica y, por tanto, permite el futuro desarrollo de usos y procesos innovadores dentro de la construcción con hormigón.



El incremento de la durabilidad y de la vida útil, como parámetro de proyecto que la Instrucción EHE-08 facilita, es, sin lugar a dudas, el mejor modo de ofrecer al usuario soluciones más competitivas y a la vez con un importante incremento de la sostenibilidad de lo construido.

Las especificaciones para el correcto dimensionado de las estructuras frente al fuego, incluidas en la Instrucción EHE-08, permiten que las estructuras de hormigón soporten fuegos severos sin colapsar. Este concepto es básico para incrementar la seguridad de las personas y de los bienes afectados, tanto privados como públicos, más allá de la mera capacidad de desalojar el edificio antes de que colapse, criterio socialmente insuficiente como demuestra el hecho de que los códigos más avanzados ya señalan como requisito la necesidad de que la estructura mantenga su estabilidad bajo la acción del fuego. En este sentido, también la nueva Instrucción contiene espe-

cificaciones para incrementar la sostenibilidad de las construcciones.

La aplicación al dimensionado de las estructuras de las especificaciones contenidas en la Instrucción EHE-08 determina un incremento de la competitividad de las mismas basado en un ahorro racional de materiales que, unido a los criterios de control incluidos en dicha normativa, incrementa la fiabilidad estructural y las garantías del usuario en términos de seguridad, lo cual también constituye un incremento directo de la sostenibilidad de las estructuras de hormigón.

***"La EHE-08 ofrece oportunidades competitivas basadas en que los productos tengan una calidad superior a la mínima exigida en beneficio del usuario"***

Las recomendaciones que la EHE-08 contiene relativas a la conservación y al mantenimiento de las estructuras, evidencia el interés y la necesidad de abordar el correcto comportamiento de lo construido a lo largo de toda su vida útil, o vida de servicio y, por tanto, la importancia de considerar las operaciones precisas para ello al

evaluar la inversión que toda construcción supone y al realizar el balance necesario para establecer el índice de sostenibilidad global de lo construido.

La inclusión en la Instrucción EHE-08 de los hormigones con áridos reciclados procedentes de otros hormigones, así como de los hormigones de carácter no estructural, pone el acento en la posibilidad y la conveniencia de aprovechar el hormigón cuando, ya obsoleta, la obra construida sea demolida. Así se completa el ciclo de utilidad de los materiales mediante procesos de recuperación y reciclado que disminuirán los residuos en los vertederos y reducirán las necesidades de nuevas materias primas no renovables e incrementarán la sostenibilidad de lo construido.

Todas las consideraciones del producto —en este caso la obra construida con hormigón estructural— a lo largo de toda su vida útil y, después, como objeto de recuperación o de reciclado, están en perfecta sintonía con la visión que desde la industria se tiene de los productos objeto de su propia actividad.

La Instrucción EHE-08 contempla todos los productos industriales que conforman el hormigón estructural mediante el desarrollo implícito del siguiente esquema conceptual:

- *Productos industriales básicos* (acero, aditivos, agua, áridos, cemento y sistema de postesado).
- *Productos industriales intermedios* (acero preparado para su elaboración y colocación, hormigón preparado para su colocación y elementos prefabricados listos para su colocación), que pueden obtenerse mediante actividades desarrolladas *in situ*, en la obra, o en instalaciones ajenas a la misma que empleen procedimientos de carácter industrial.
- *Producto industrial final*: el resultado de la industria de la construcción en su conjunto, finalmente

puesto en servicio al término de la ejecución de la obra. En este caso la obra ejecutada con hormigón estructural dentro del ámbito de la Instrucción EHE-08, es realizada por las Empresas Constructoras.

En consecuencia, la Instrucción EHE-08, configura un mercado y ofrece oportunidades basadas en que los productos tengan una calidad superior a la mínima exigida (por el marcado CE o por la propia Instrucción) en beneficio del usuario. Estas oportunidades serán aprovechadas por las empresas industriales mejorando su competitividad y asumiendo las exigencias de calidad y responsabilidad inherentes a todo el sector industrial.

Unidos a las oportunidades y a las exigencias van los costes de producción bajo un procedimiento que asegure la calidad y los costes de verificación del control de producción (autocontrol) por terceros (Verificadores y Organismos Certificadores) que permiten transmitir la confianza al usuario con Distintivos Voluntarios de Calidad que, posteriormente, sean reconocidos por las Administraciones Públicas como Distintivos Oficialmente Reconocidos (DOR).

El tratamiento que la Instrucción EHE-08 contempla para los materiales, productos, sistemas y procesos de ejecución en posesión de Distintivos Oficialmente Reconocidos (DOR) es positivo. Servirá de mecanismo equilibrador del binomio oportunidad-coste y, por el gran interés que ofrece al usuario y a los agentes que intervienen en el proceso de la construcción (proyectistas, directores, facultativos, directores de ejecución, administraciones, propiedades y constructores), les animará a emplear materiales, productos, sistemas y procesos de ejecución que estén en posesión de un DOR.

## **"La exigencia de materiales, productos, sistemas y procesos en posesión de un DOR se traduce en más garantías y calidad de lo construido"**

En otra parte de esta misma revista se trata, con detenimiento, el asunto de los Distintivos Voluntarios de Calidad, por ello no entramos aquí en más detalles al respecto, salvo constatar, con



## REPORTAJES

satisfacción, que las garantías adicionales a las estrictamente obligatorias de los DOR se pueden extender también a los aspectos relacionados con la seguridad y salud laboral.



➔ Foto cedida por AIDEPLA.

También resulta gratificante para el sector industrial comprobar que lo que en su día fueron innovaciones calibradas en relación a las especificaciones de la Instrucción EHE, hoy se incorporan a la Instrucción EHE-08 como asuntos de “pleno derecho”. Es el caso de los aceros B 500 SD, los diferentes tipos de hormigón anteriormente mencionados, los Distintivos Voluntarios de Calidad actuales herederos de sellos de calidad de gran tradición. La industria del acero y del cemento tomaron las primeras iniciativas, hace casi 30 años, de situar en el mercado sellos de calidad que ya incluían los conceptos de trazabilidad y aumento de las garantías del usuario en términos de reducción del denominado “riesgo del consumidor” (que establece la probabilidad de aceptación de un lote no conforme, considerando como lote la unidad de producto sometida a control). A dichas iniciativas se sumaron más sectores industriales (hormigón preparado, prefabricados, etc.), de modo que hoy en día ya están en el mercado Distintivos Voluntarios de Calidad que han merecido el reconocimiento oficial y, por tanto, son Distintivos Oficialmente Reconocidos.

La influencia del contenido de la Instrucción EHE-08 en la industria y en la evolución futura de la misma tiene gran importancia. De la mano de dicha Instrucción, en base a una tecnificación creciente, asistiremos al desarrollo de la industria de los productos industriales intermedios (industrias de elaboración de acero, de ejecución de ferralla, de hormigón preparado, de prefabricación). También los productos industriales básicos (acero, aditivos, áridos, cemento, sistemas de postesado)

aumentarán sus prestaciones o rendimientos, empleando para ello procedimientos más respetuosos con el medio ambiente, acordes con las mejores técnicas disponibles y más sostenibles, para facilitar al usuario el empleo de aquellos del modo más eficiente posible, abordando soluciones innovadoras y competitivas. La innovación en los sistemas y procesos de ejecución que las empresas constructoras llevarán a cabo siguiendo las especificaciones de la citada Instrucción, permitirá poner a disposición de la sociedad construcciones de hormigón eficientes, competitivas y más sostenibles.

Para ello sería conveniente que los agentes del proceso de construcción aprecien lo que en cada caso representan los Distintivos Oficialmente Reconocidos (DOR) e incorporen las especificaciones correspondientes para aquellos materiales, productos, sistemas y procedimientos de ejecución necesarios y exigibles en cada proyecto, recomendando su uso cuando las necesidades del proyecto así lo exijan a la vez que se preserve el derecho a la utilización de materiales, productos, sistemas y procedimientos de ejecución sin DOR, preservando así el carácter voluntario de los distintivos, aunque bien se podría favorecer el uso de los DOR mediante una mayor credibilidad en sus garantías y calidad que se traduzcan en una disminución de ensayos y controles. De esta manera se animará al resto de agentes que forman la cadena de producción de la industria de la construcción, materializada por las Empresas Constructoras, quienes animarán, en los casos posibles, a sus proveedores a la obtención de un DOR para los productos que les suministran.

Por todas las razones expuestas y, desde nuestro punto de vista, entendemos que la industria valora positivamente la Instrucción EHE-08, y apoya su inmediata puesta en marcha con los medios que tiene a su alcance: la responsabilidad como actitud, la calidad como objetivo y el servicio al usuario, y por añadidura a la sociedad, como fin de la actividad industrial. ■





## Servicios de Asesoramiento Técnico en Construcción:

- ◆ Project Management
- ◆ Estudio del estado de estructuras existentes, patología y rehabilitación
- ◆ Supervisión técnica y económica de proyectos
- ◆ Asesoramiento, técnico, económico y constructivo en la adjudicación de obras a contratistas
- ◆ Control del montaje y pruebas de recepción de instalaciones
- ◆ Estudios y asesoría geotécnica
- ◆ Control técnico de ejecución de obras
- ◆ OCT
- ◆ Estudios y ensayos acústicos

►► más información

[www.inteinco.es](http://www.inteinco.es)



**INTEINCO**

902 10 30 44

IMPLANTACIÓN A NIVEL NACIONAL



## EL ACERO Y EL HORMIGÓN TIENEN UNA NUEVA WEB DE REFERENCIA: PORTAL-WATCH.ES

El año nuevo ha traído al acero y el hormigón una nueva web en la que encontrar información sobre el sector: [www.portal-watch.es](http://www.portal-watch.es). Noticias, agenda de eventos, normativa o reseñas bibliográficas dan la bienvenida a los usuarios, que pueden encontrar en esta web, no sólo un portal informativo de referencia, sino también una herramienta para dar respuesta a algunas de sus preguntas técnicas.

El objetivo de esta web es facilitar el intercambio de información entre todos los agentes vinculados al acero y al hormigón, tanto profesionales como estudiantes en formación. Así, entre su público figuran empresas constructoras, oficinas de proyecto, laboratorios de control, fabricantes de materiales, colegios profesionales, técnicos en general, mundo académico y universitario, asociaciones y administraciones públicas.

En ese sentido, a través de Portal-Watch.es además de poder conocer qué acontece en el sector construcción, se puede conseguir información sobre qué empresas de primera línea vinculadas al acero y al hormigón suministran determinados servicios o materiales relacionados con el tema que se consulta, lo que

resulta muy útil para el trabajo diario de técnicos y profesionales.

## Acero, Hormigón, Hormigón Estructural y Sostenibilidad

Portal-Watch.es organiza sus contenidos entorno al hormigón estructural y a sus dos materiales componentes principales: el acero y el hormigón. Además, incluye un aspecto muy importante en su desarrollo futuro: la sostenibilidad.

En cada una de estas áreas se pueden encontrar: noticias, agenda de los principales eventos relacionados, tanto nacionales como internacionales, normativa, reseñas bibliográficas y preguntas frecuentes.

Detrás de Watch hay una redacción que se ve respaldada por un comité técnico asesor integrado por expertos de reconocido prestigio, por lo que sus contenidos técnicos están verificados y contrastados con el fin de garantizar su calidad y objetividad.



Watch cuenta ya con más de 600 páginas de información, lo que la convierte en uno de los mayores portales de contenidos originales especializados en hormigón estructural y en toda una referencia para la consulta.

## LA PRODUCCIÓN MUNDIAL DEL ACERO CAE UN 1,2 % EN 2008

La producción mundial de acero ha alcanzado en 2008 los 1.330 millones de toneladas, lo que supone un descenso del 1,2 % respecto a 2007. Según los datos ofrecidos por la Asociación Mundial del Acero (WorldSteel), con éste son ya dos años consecutivos en los que la producción mundial de este material supera los 1.300 millones de toneladas.

El último trimestre de 2008 ha concentrado las mayores caídas en la producción. Sólo el mes de diciembre ha registrado un descenso del 24,3 % respecto al mismo mes del año anterior.

Si bien la producción se ha reducido en los mayores productores de acero de la Unión Europea, Norteamérica, Sudamérica y la Confederación de Estados Independientes (CEI), en China y Oriente Medio se ha visto incrementada.

Así, la producción de acero en China se ha situado en 502 millones de toneladas, un 2,6 % más que en 2007. El crecimiento económico de este gigante asiático se ha reflejado en su producción de acero que, en tan sólo cinco años se ha visto duplicada, pasando de los 222 millones de toneladas en 2002, a los más de 500 millones en 2008. Por todo ello, su producción representa el 38 % de la producción total de acero en el mundo.

En el continente asiático la producción de acero se ha situado en 770 millones de toneladas, un 19 % más que en 2007, por lo que el 58 % del acero mundial proviene de este continente.

Por otra parte, mientras Corea del Sur e India han incrementado su producción de acero un 3,8 % y 3,7 %, respectivamente, la producción japonesa ha descendido un 1,2 %, hasta alcanzar los 118 millones de toneladas.

La producción de acero en la Unión Europea de los 27 ha experimentado una caída del 5,3 %, con 199 millones de toneladas. Los mayores descensos los han reflejado los grandes productores de este material en la región: Alemania (45,8 millones de toneladas; -5,6 %), Italia (30,5 millones de toneladas; -3,4 %) y Francia (17,9 millones de toneladas; -7,1 %).

Norteamérica también ha mermado su producción en un 5,5 %, respecto a 2007, hasta alcanzar los 125,4 millones de toneladas. En Estados Unidos el descenso de la producción de acero ha sido del 6,8 %, con 91 millones de toneladas.

Respecto a los países de la Confederación de Estados Independientes, la producción de acero ha descendido un 8,1 %. Rusia y Ucrania han reducido su producción un 5,4 % (69 millones de toneladas) y un 13,1 % (37 millones de toneladas), respectivamente.

PRODUCCIÓN MUNDIAL DE ACERO (millones de toneladas)								
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	% 08/07
Europa	308,7	320,3	339,7	333,6	354,8	364,2	343,8	-5,6
EU (27)	188,2	192,5	202,3	195,5	206,8	209,6	198,6	-5,3
EU (15)	158,7	161,0	169,1	165,1	173,2	175,2	168,3	-4,0
CIS	101,2	106,5	113,4	113,2	119,9	124,2	114,1	-8,1
Norteamérica	122,9	126,2	134,0	127,6	131,8	132,7	125,4	-5,5
EE.UU.	91,6	93,7	99,7	94,9	98,6	98,2	91,5	-6,8
Sudamérica	40,9	43,0	45,9	45,3	45,3	48,2	47,6	-1,4
África	15,8	16,3	16,7	18,0	18,8	18,8	17,4	-7,4
Oriente Medio	12,5	13,4	14,3	15,3	15,4	16,5	16,6	1,2
Asia	394,9	442,4	510,1	598,1	676,2	756,3	770,5	1,9
China	182,2	222,4	280,5	355,8	423,0	489,2	502,0	2,6
Japón	107,7	110,5	112,7	112,5	116,2	120,2	118,7	-1,2
Australia/Nueva Zelanda	8,3	8,4	8,3	8,6	8,7	8,8	8,4	-4,1
<b>TOTAL</b>	<b>904,1</b>	<b>970,0</b>	<b>1068,9</b>	<b>1146,5</b>	<b>1250,9</b>	<b>1345,4</b>	<b>1329,7</b>	<b>-1,2</b>



## NOTICIAS

### EL CONSUMO DE CEMENTO CIERRA 2008 CON UNA CAÍDA HISTÓRICA DEL 24 %

El año 2008 ha dejado en negativo al sector cementero. Tras una década de máximos históricos en el consumo de cemento (1997-2007), el sector ha cerrado el año con un descenso cercano al 24 %, hasta alcanzar 42,7 millones de toneladas. Nunca antes el sector había experimentado una caída tan brusca, que ha situado el consumo de cemento en niveles del año 2001.

Según la Agrupación de Fabricantes de Cemento de España (Oficemen), el sector está a la espera de que los planes de inversión pública se trasladen a la industria, aunque "tardarán unos meses en hacerse notar".

Ante la actual coyuntura, las cementeras españolas miran al mercado exterior como medida para paliar la crisis. Por ello, en 2008 han exportado un 5,2 % de su producción a otros mercados de la Unión Europea, Estados Unidos y Norte de África, principalmente. Ello ha supuesto duplicar el número de exportaciones respecto a 2007.

Por otra parte, las 36 fábricas existentes en España han ajustado su producción al nivel de demanda, hasta alcanzar los 42 millones de toneladas, un 23,2 % menos que en 2007. La misma línea se ha seguido en cuanto a las importaciones de cemento y clínker, que se han visto reducidas un 44,7 % respecto al año anterior, con 7,7 millones de toneladas.

#### PRODUCCIÓN y CONSUMO DE CEMENTO, DATOS ACUMULADOS DEL AÑO (enero-diciembre, en toneladas)

	2008	2007	% Variación
Producción cemento	42.002.360	54.720.445	-23,24 %
Consumo nacional (cemento)	42.659.843	55.997.072	-23,82 %
Exportaciones (cemento + clínker)	2.201.625	1.091.284	101,75 %
Importaciones	7.661.375	13.869.452	-44,76 %

### TRES EMPRESAS OBTIENEN EL DISTINTIVO FERRAPLUS

Durante el último trimestre de 2008 tres empresas de ferralla consiguieron la marca FerraPlus, mediante la cual se certifica que sus procesos productivos cumplen las más altas exigencias del mercado. Estas sociedades son: Calferman, Hierros y Ferralla de Fortuna y Hierros Sánchez.

Con estas incorporaciones, son ya 40 las empresas que disponen del prestigioso distintivo FerraPlus.

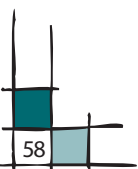
#### Calferman

Calferman forma parte del grupo empresarial de carácter familiar Gerardo de la Calle. Creada en el año 2005, realiza las actividades de elaboración de ferralla y calderería para otras dos filiales del Grupo: *Artepref y Hormigones y Excavaciones Gerardo de la Calle*. A través de ellas, los productos de Calferman han estado presentes

en obras como el aeropuerto de Alicante, las Bodegas Portia en Ribera del Duero, que diseñó el arquitecto Norman Foster, o la ampliación de las instalaciones de Leche Pascual, entre otros.

**CALFERMAN**  
calderería, ferralla y mantenimiento

La actividad de esta empresa se desarrolla en unas instalaciones de 7.000 m<sup>2</sup>, situadas en Aranda de Duero (Burgos), dotadas con maquinaria de última tecnología (carrusel para soldadura, ensambladora de carcasas, dobladoras de malla y de barras, estriadora, carro de corte, etc.). Sus excelentes infraestructuras y equipo de profesionales le han llevado a alcanzar una producción de 5.180 toneladas de ferralla el año pasado.





La calidad constituye uno de los pilares de la política de esta compañía que dispone de los distintivos AENOR y, desde diciembre, de FerraPlus. Para conseguir una mejora continua de los procesos y la calidad de sus productos, Calferman cuenta con un sistema de trazabilidad para materias primas, un sistema de control de los equipos de fabricación mediante el cual se asegura el cumplimiento de las condiciones técnicas y mecánicas requeridas, y dispone de procedimientos de soldadura homologados.



### Hierros Sánchez

Hierros Sánchez es una empresa familiar que desde 1995 ofrece un servicio integral en el proceso de elaboración de las armaduras pasivas del hormigón armado. La calidad de sus productos y gestión siempre ha estado entre sus principios empresariales, lo que la ha llevado a conseguir los certificados de AENOR por su gestión (ISO 9001) y productos, así como la marca FerraPlus.

Con sede en Balsicas (Murcia), Hierros Sánchez cuenta con un sistema de producción que hace posible obtener los pedidos según las necesidades de sus clientes, con la seguridad de ofrecer la máxima calidad. Para ello, elabora sus productos mediante un proceso totalmente automatizado de despiece y transformación del acero corrugado a través de la más moderna tecnología en software y maquinaria de última generación, como líneas de corte y doblado, centros de electrosoldado, aunque también realiza soldadura manual.

La I+D a su vez tiene un papel fundamental en esta empresa murciana. Así, cuenta con un departamento específico dedicado al desarrollo de las mejoras y la aplicación de nuevas tecnologías que existen en el sector. Entre sus últimos avances se encuentra un soft-



ware de producción interno que permite conocer la trazabilidad instantánea del acero en cada uno de los procesos de la fábrica. Mediante el mismo, todos los productos de Hierros Sánchez disponen de un certificado de trazabilidad por pedido y/o elemento, que aseguran en todo momento la calidad de los mismos.



Sus instalaciones cuentan con una superficie de 1.000 m<sup>2</sup> dedicadas en exclusiva a la producción

de cimentaciones especiales, como pilotes y pantallas, a las que se suma un centro de producción de 7.000 m<sup>2</sup>, una amplia flota de camiones y una plantilla experimentada en todo tipo de trabajos, lo que permite a Hierros Sánchez abordar cualquier tipo de obra: civil, residencial y edificación no residencial.



## NOTICIAS

### Hierros y Ferralla de Fortuna

Desde que fuese creada en 2001, Hierros y Ferralla de Fortuna se dedica al suministro,



elaboración, armado y colocación de ferralla tanto para obra civil como para edificación. Ubicada en la localidad de Fortuna (Murcia), su ámbito de actuación principal abarca las Comunidades Autónomas de Murcia, Andalucía, Castilla-La Mancha, Madrid y la Comunidad Valenciana, aunque tiene sobrada capacidad para trabajar en cualquier punto de la Península e Islas Baleares.

Para poder ofrecer un servicio altamente cualificado, dispone de once naves industriales de más de 15.000 m<sup>2</sup> equipadas con la más avanzada tecnología en manipulación de acero (líneas de corte y centros de doblado, estribadoras automáticas y bidireccionales, ensambladoras, etc.), una plantilla de profesionales del montaje de ferralla con amplia experiencia en obra civil y una extensa flota de camiones para el transporte de sus productos a pie de obra. Por todo ello, su capacidad de producción mensual asciende a 10.000 toneladas de ferralla elaborada y colocada en obra.

El interés por la calidad de sus productos ha hecho que esta empresa, además de conseguir los certificados de AENOR (UNE 9001:2000 y UNE 36831:1997) y la marca FerraPlus, crea un departamento de calidad para el control de la trazabilidad de las coladas, que permite al cliente conocer de cada elemento suministrado a qué colada



de acero corresponde. En esa misma línea, para dar el mejor servicio, su oficina técnica asesora a sus clientes mediante el estudio de los planos de obra, ofreciendo la propuesta de despiece más óptima para obtener el mayor rendimiento en el posterior montaje.

Hierros y Ferralla de Fortuna tiene amplia experiencia en obras de envergadura, no sólo de tipo civil, como autopistas, puentes, tramos de ave o centrales térmicas, sino también de edificación (hospitales, grandes centros comerciales, polideportivos, colegios y numerosas promociones de viviendas). Por su calidad y compromiso con los resultados, figuran entre sus principales clientes las grandes constructoras nacionales, como Dragados, OHL, ACS, Aldesa Construcciones, FCC Construcción y Acciona, entre otros. ■

#### ➤ Algunas obras ejecutadas por Hierros y Ferralla de Fortuna.

OBRA EJECUTADA	LOCALIDAD	CONSTRUCTORA
Nueva Hospital del Mar Menor	San Javier (Alicante)	OBRASCÓN HUARTE LAIN
Central Térmica de Ciclo Combinado	Escombreras (Murcia)	UTE CTCC Escombreras Refrigeración
Autovía Alhama de Murcia al Campo de Cartagena	Provincia de Murcia	ALCAR, UTE
Tren de Alta Velocidad Novelda	Novelda (Alicante)	ALDESA CONSTRUCCIONES
Autopista de Alicante	San Vicente del Raspeig-Bussols (Alicante)	DRAGADOS
Autopista de Alicante. Ronda Norte de Elche	Elche (Alicante)	DRAGADOS
Ampliación a tres carriles la A-7 y conjunto de obras de Elche	Alicante	DRAGADOS
Centro Comercial "El Tiro" Hipercor	Murcia	INTERSA
Variante de Albox	Albox (Almería)	UTE Albox (ALDESA CNNES-BSK)
Ciudad de la Justicia	Elche (Alicante)	UTE Ciudad de la Justicia Elche (Dragados-CLEOP)

Consulte la relación completa de las obras realizadas en [www.hierrosfortuna.com](http://www.hierrosfortuna.com)

# ARCER

Armaduras para Hormigón

En ARCER la **Investigación** e **Innovación Tecnológica** son nuestra razón de ser. Por ello, hemos desarrollado una nueva generación de barras corrugadas para hormigón con unas mayores **Prestaciones**, asumiendo el **Compromiso** de mantener este elevado nivel de **Calidad** y de seguir aportando al usuario final el mejor de los aceros.

## La tranquilidad que aporta el líder



Orense 58, 10º D; 28020 MADRID  
Tel.: 91 556 76 98; Fax: 91 556 75 89  
[www.arcer.es](http://www.arcer.es)  
E-mail: [buzon@arcer.es](mailto:buzon@arcer.es)

AENOR



Producto  
Certificado

# FERRA PLUS

*... mucho más que ferralla certificada*



## Empresas en posesión de la marca

Armacentro, S.A.

Armalla, S.L.

Calferman, S.L.U.

Cesáreo Munera, S.L.

Elaboración y Montajes de Armaduras, S.A.

Elaborados Férricos, S.A.

Ferralla Gastón, S.A.

Ferrallados Core, S.A.

Ferrallas Albacete, S.A.

Ferrallas Haro, S.L.

Ferrallas JJP Maestrat, S.L.

Ferrallats Armangué, S.A.

Ferrobérica, S.L.

Ferrofet Catalana, S.L.

Ferros La Pobra, S.A.

Forjados Riojanos, S.L.

FORMAC, S.A.

Hierros Ayora, S.L.

Hierros del Noroeste, S.L.

Hierros del Pirineo, S.A.

Hierros Godoy, S.A.

Hierros Huesca, S.A.

Hierros Lubesa, S.L.

Hierros Sánchez, S.L.

Hierros Santa Cruz Santiago, S.L.

Hierros Uriarte, S.L.

Hierros y Aceros de Mallorca, S.A.

Hierros y Ferralla de Fortuna, S.L.

Hierros y Montajes, S.A.

Hijos de Lorenzo Sancho, S.A.

Jesús Alonso Rodríguez, S.L.

Lenur Ferrallats, S.L.

Manufacturados Férricos, S.A.

Pentacero Hierros, S.L.

Preformados Ferrogrup, S.A.

S. Zaldúa y Cía, S.L.

Sinase Ferralla y Transformados, S.L.

Teinco, S.L.

Transformados y Ferralla Moral, S. L.

Xavier Bisbal, S.L.