

zunchito

Nº 20 • JUNIO 2009

EN PORTADA

*Pabellones de participantes en la
EXPO ZARAGOZA 2008*

REPORTAJE

El Control en la EHE-08

AENOR

NUEVA NORMA

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.

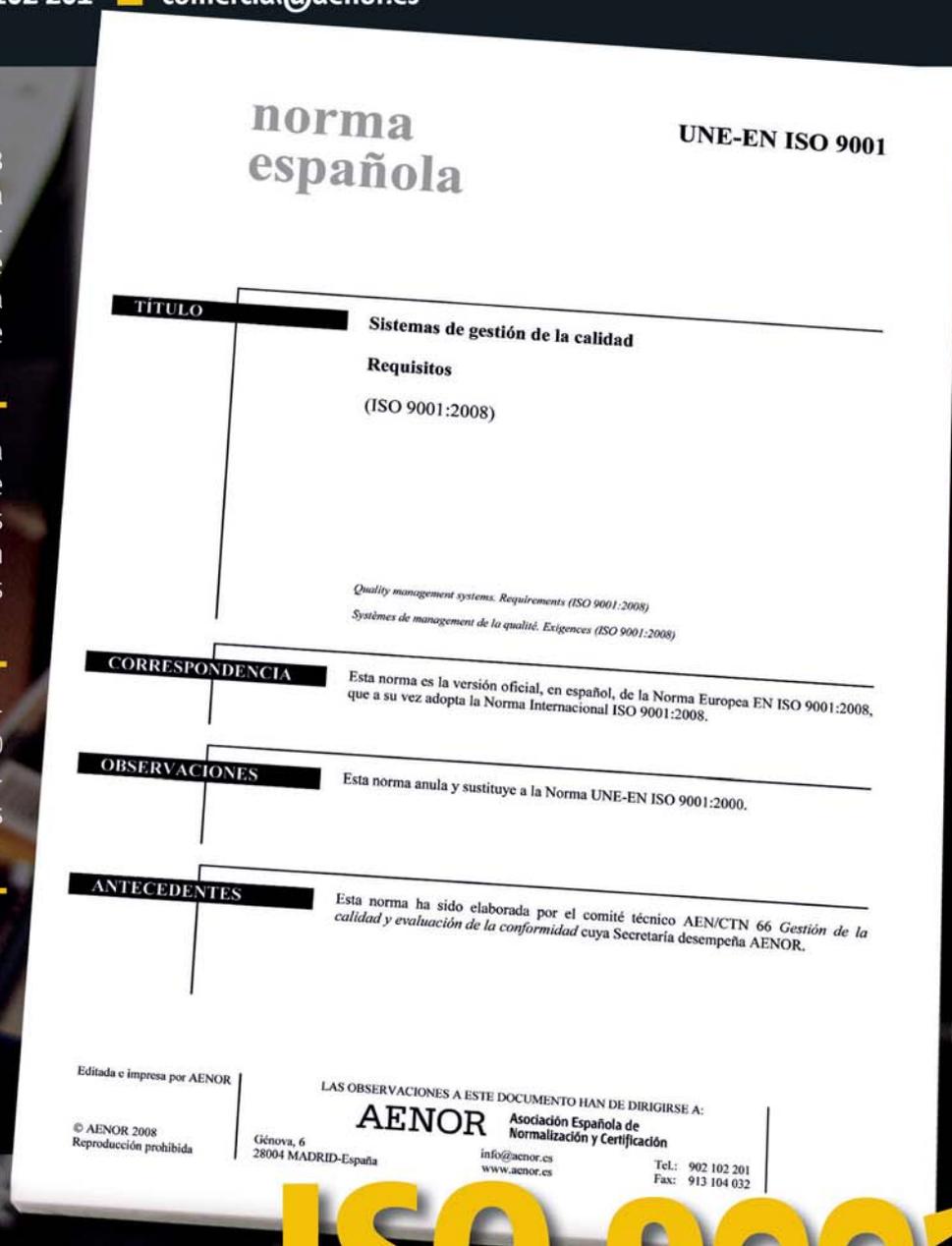
Contenido:

- 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 €



AENOR
certifica
sistemas de
gestión de
la calidad



ISO 9001

La herramienta internacional
para la mejora continua

¡NUEVA VERSIÓN YA DISPONIBLE!

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.

3 EN PORTADA

- Expo Zaragoza 2008.
Pabellones de Participantes.

13 REPORTAJES

- El control en la Instrucción EHE-08.
- El empleo de aditivos en la confección de hormigones de alta durabilidad.

39 SOSTENIBILIDAD

- Plan Nacional Integrado de Residuos.

47 NOTICIAS

- ANDECE, BIBM y CEMBUREAU crearán un glosario europeo de sostenibilidad.
- Transparencia absoluta en el Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes PRTR-E 2007.
- El Foro de Pavimentos de Hormigón apuesta por la promoción de estos firmes desde la formación y la innovación.



Aditivos para Hormigón y Mortero Preparado

 **BASF**

The Chemical Company

BASF Construction Chemicals, S.L. ofrece una amplia gama de productos de calidad contrastada para cada tipo de hormigón y mortero preparado: plastificantes, polifuncionales, superfluidificantes, aireantes, retardantes, anticongelantes, etc... Nuestro liderazgo en este sector se debe a la tecnología del grupo **BASF** y a una constante labor de investigación y desarrollo que nos permite innovar constantemente ofreciendo nuevos productos al mercado como los aditivos de nueva generación GLENIUM.

BASF Construction Chemicals, S.L. ofrece soluciones de servicio, producto, asesoramiento y atención postventa adaptada a las necesidades de cada cliente.

- Superfluidificantes
- Fluidificantes - Plastificantes
- Aditivos para Hormigón Autocompactante
- Acelerantes
- Retardantes
- Anticongelantes
- Aireantes
- Impermeabilizantes e Hidrofugantes
- Colorantes
- Fibras de Polipropileno
- Aditivos especiales

Adding Value to Concrete

EXPO ZARAGOZA 2008 PABELLONES DE PARTICIPANTES

Mónica Sanz Cid – Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Ines Ingenieros Consultores.

José Luis Martínez Martínez – Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Ines Ingenieros Consultores.

INTRODUCCIÓN

La Exposición Internacional que bajo el epígrafe de “Agua y desarrollo sostenido” se ha celebrado durante los meses de junio a septiembre de 2008 en la ciudad de Zaragoza, se ha situado en el meandro de Ranillas, emplazado al oeste de la ciudad y rodeado por el cauce del río Ebro.

Los Pabellones de Participantes han surgido de la necesidad de dotar a cada uno de los Países y Comunidades Autónomas que han participado en la Expo Zaragoza 2008 de un espacio donde desarrollar las distintas exposiciones y espectáculos relacionados con el agua.

DESCRIPCIÓN DE LOS EDIFICIOS

Los edificios que albergaron los Pabellones de los Países y Comunidades Autónomas Participantes en Expo Zaragoza 2008, a excepción de España y Aragón que contaron con pabellones propios, ocupan gran parte del recinto de la exposición, con una superficie construida sobre rasante de 120.000 m².

El conjunto de los Pabellones de los Países Participantes está formado por tres grupos de edificios denominados Ronda, Ranillas y Ebro. Los dos primeros tienen carácter lineal, con bordes curvilíneos, siendo

sus longitudes de 560 m y 230 m, respectivamente. Los Pabellones Ebro, cinco en total, son independientes entre sí y se encuentran girados 45° con respecto al Pabellón Ronda. Éstos son de forma curvilínea similar a un “cacahuete”, con longitudes comprendidas entre 80 m y 130 m, siendo el ancho de todos los edificios de unos 50 m.

Los edificios tienen un total de cuatro plantas, distribuidas en dos alturas sobre rasante, una planta baja y un sótano. Las plantas baja y sótano son comunes a los tres edificios y se extienden a toda la parcela. A nivel de planta primera los distintos grupos de

edificios se interconectan, con el objeto de permitir el tránsito de visitantes entre los diferentes pabellones, mediante dieciséis pasarelas de trazado curvilíneo que se adaptan a los contornos de los diferentes edificios. A su vez, a nivel de planta cubierta, los edificios Ronda, Ebro 5 y Ranillas se conectan mediante “lenguas” de hormigón pretensado, lo que permite el paseo de los peatones a lo largo de toda la cubierta transitable de los Pabellones de Participantes.

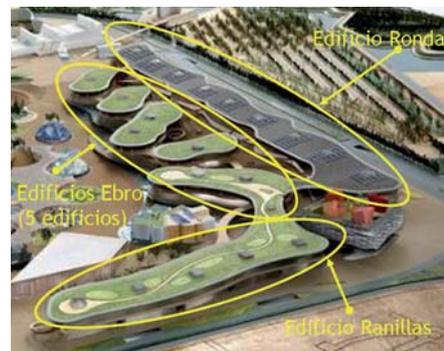
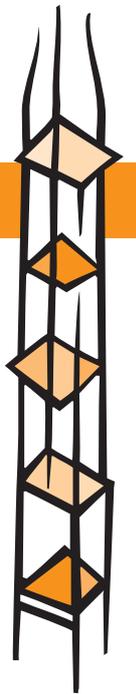


Figura 1.- Planta general con ubicación de los edificios Ronda, Ranillas y Ebro.





EN PORTADA

CONCEPCIÓN ESTRUCTURAL

La concepción estructural del conjunto de los edificios de los Pabellones de los Países Participantes ha seguido dos líneas diferenciadas entre las plantas o elementos situados bajo rasante y los situados sobre rasante. Mientras que para los elementos situados bajo rasante se han definido exclusivamente soluciones de hormigón armado ejecutadas *in situ*, para los elementos situados sobre rasante se han combinado soluciones de hormigón prefabricado con hormigón, armado y pretensado, ejecutado *in situ*.

Estas elecciones tipológicas han sido marcadas por unos condicionantes de proyecto impuestos por la Propiedad, Expo Zaragoza 2008, que tienen su origen en la necesidad de la realización de la obra de estructura en el menor plazo posible. Además de éste, los principales condicionantes impuestos para la definición de la estructura han sido:

- Mantener los requisitos arquitectónicos de los edificios, entre los que se encuentran superficies, usos, contornos, vuelos y materiales. Uno de los condicionantes que ha marcado la necesidad de combinar elementos prefabricados con elementos

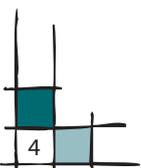
ejecutados *in situ*, ha sido el requerimiento de tener una superficie de hormigón visto en todas las zonas exteriores a las fachadas.

- Hacer uso extensivo del prefabricado para conseguir minimizar el volumen de cimbra, la superficie ocupada y sobre todo el plazo de ejecución.
- Preparar la obra para el uso previsto en fase post-Expo. En fase post-Expo se preve el uso de los pabellones como Parque Empresarial, por lo que es preciso que los edificios se complementen con dos plantas adicionales intermedias y la retirada de todos los elementos de conexión existentes entre ellos a nivel de planta primera. Estas conexiones peatonales se realizan a través de unas pasarelas, que debían cumplir como requisitos principales ser independientes y desmontables.

Siguiendo la línea anteriormente descrita, las plantas sobre rasante se han concebido como una combina-



Figura 2.- Detalle de contraste entre estructura prefabricada y ejecutada *in situ* (Edificio Ronda).



ción de estructura prefabricada — formada por vigas prefabricadas y placas alveolares — y losas ejecutadas *in situ*, tanto de hormigón armado como de hormigón postesado, en función de las luces, usos y vuelos, todo ello sobre una retícula de 8 x 16 m de pilares prefabricados de hormigón.

En los edificios Ronda y Ranillas la retícula de pilares de 8 x 16 m, formada por pilares rectangulares prefabricados de hormigón armado, permite disponer un sistema ordenado de vigas prefabricadas en la luz mayor (16 m) y placas alveolares en la luz menor (8 m). Sin embargo, los contornos curvilíneos de los edificios impiden definir esta solución en toda su superficie, por lo que las zonas de voladizos con contornos curvilíneos se resuelven mediante losas de hormigón armado o pretensado, en función de las luces entre pilares y la mayor o menor longitud del vuelo. A esta cuestión puramente geométrica se suma el requisito arquitectónico del uso del hormigón visto en las zonas exteriores a la línea de fachada. En la Figura 2 se muestra el contraste entre la solución de elementos prefabricados en el interior del edificio y la losa de hormigón *in situ* en la zona exterior a la fachada.



Figura 3.- Vista del edificio de Ranillas mostrando la zona central prefabricada y el perímetro exterior de hormigón *in situ*.

En los edificios Ebro la retícula de pilares se encuentra girada 45° con respecto a la retícula de planta baja, por lo tanto, la retícula de estructura para plantas sobre rasante es de 11,3 x 17 m. Por esta razón, en estas plantas se ha dispuesto un sistema de vigas prefabricadas en la dirección longitudinal del edificio (11,3 m) y placas alveolares en el sentido perpendicular (17 m). De manera similar a los edificios Ronda y Ranillas, surge un núcleo central resuelto mediante elementos prefabricados y una corona perimetral, con vuelos y contornos curvilíneos, donde se definen los elementos de hormigón *in situ*. En la Figura 4 se observa claramente esta si-

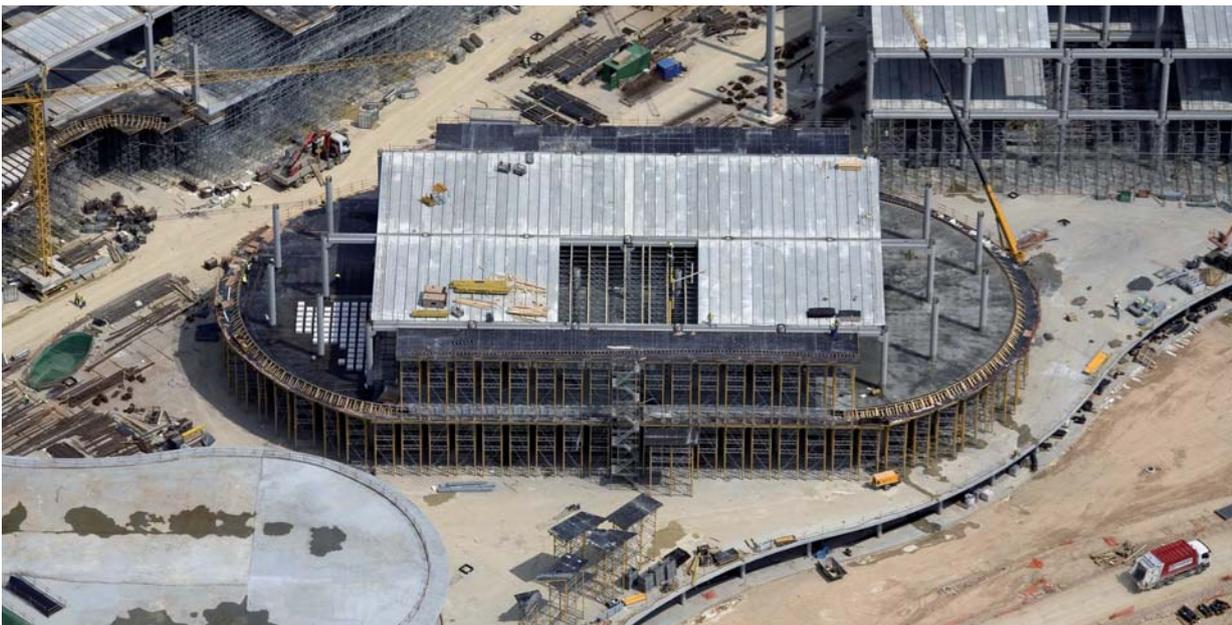


Figura 4.- Vista de edificios Ebro 1, 2 y 3 mostrando el núcleo prefabricado y la corona *in situ*.



EN PORTADA

tuación. En los edificios Ebro los pilares son prefabricados de hormigón armado y de sección circular.

El comportamiento de la estructura frente acciones térmicas se ha resuelto mediante la disposición de juntas de dilatación: en la planta baja se disponen cada 48 m, 16 m y 64 m en el edificio Ronda, 88 m en los edificios Ebro y 36 m y 82 m en el edificio de Ranillas. Análogamente, en las plantas de exposición y cubierta se disponen juntas de dilatación cada 100 m como máximo.

Para mejorar el comportamiento frente a acciones horizontales de la estructura se han definido dos elementos estructurales diferenciados. Por un lado, y con objeto de unificar el comportamiento de los elementos prefabricados y los elementos *in situ*, el encuentro de los forjados con pilares prefabricados se ha realizado mediante nudos rígidos. Estos nudos se han materializado dejando unas ventanas en los pilares prefabricados a nivel de forjado. Estas ventanas se han hormigonado en obra conjuntamente con la capa de compresión en el caso de forjados prefabricados o, en el caso de la losa *in situ*, con la propia losa.

Por otro lado, cada 64 m se ha vinculado una pareja de pilares, mediante cruces de San Andrés metálicas formando un "castillete contraviento", dando así rigidez a la estructura en el sentido transversal. En la Figura 5 se incluye un detalle de ventana en los pilares prefabricados y otro del castillete de rigidización.

PROCESO CONSTRUCTIVO

El proceso constructivo de los edificios de Participantes comienza con la ejecución de los elementos situados bajo rasante que son de hormigón *in situ*, siendo el proceso de construcción el habitual para este tipo de elementos. A partir de este momento nos centraremos en el desarrollo de la construcción de los elementos



Figura 5.-Detalle de ventana en pilares prefabricados y castillete de rigidización.

situados sobre rasante, que es donde se combina estructura prefabricada con estructura ejecutada *in situ*, por lo que presentan un mayor interés constructivo.

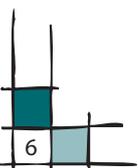
Resumen del proceso constructivo

En primer lugar, se procede con el montaje de la obra prefabricada (los pilares, las vigas y las placas alveolares), simultáneamente en ambas plantas. Según se produce el avance de montaje de los elementos prefabricados, y siempre desde el interior del edificio hacia fuera (para facilitar el trabajo de las grúas) se montan las cimbras y se ejecutan los elementos de hormigón *in situ*.

En la Figura 6 se muestra una vista aérea del conjunto de Pabellones de Países Participantes, donde se observa el avance de proceso constructivo en sus diversas fases.



Figura 6.- Vista aérea de la obra.



Detalle del proceso constructivo

Se comienza con el montaje de los pilares prefabricados. Éstos se conectan con la planta baja mediante un sistema mecánico de anclajes, roscados y posteriormente hormigonados. Este sistema de anclajes consta de dos partes diferenciadas: en la losa de planta baja se dejan embebidas una serie de barras roscadas, que se unen posteriormente a los pilares prefabricados atornillándolas a unas chapas metálicas que se han hormigonado en taller junto con los pilares prefabricados. La Figura 7 incluye un detalle de este sistema de conexión entre la losa ejecutada *in situ* y los pilares prefabricados. Una vez colocado el pilar en su posición definitiva, y estando roscadas las barras a la chapa metálica del pilar, se rellena la sección con un mortero sin retracción quedando todos los elementos metálicos embebidos en este mortero.



⇒ **Figura 7.-** Detalle del sistema de anclaje de los pilares prefabricados en la planta baja.

Una vez colocados los pilares prefabricados se procede al montaje de las vigas prefabricadas. Estas vigas son semirresistentes lo que permite una construcción no apeada. Las vigas prefabricadas se apoyan sobre las ménsulas de hormigón de los pilares, construidas para este fin, y se enhebran sobre las barras embebidas en los pilares que impiden el vuelco durante el proceso constructivo. En la Figura 8 se muestran detalles de las



⇒ **Figura 8.-** Detalle del apoyo de vigas prefabricadas sobre pilares prefabricados.

barras anti-vuelco situadas en las ménsulas y del sistema de apoyo de las vigas en las ménsulas de los pilares.

A continuación se procede al montaje de las placas alveolares. Una vez que éstas se apoyan sobre las vigas prefabricadas, se realiza el hormigonado de la capa de compresión de todo el conjunto a través de las ventanas dejadas en los pilares prefabricados, para dar rigidez a la estructura. En la Figura 9 se incluye un detalle de apoyo de las placas sobre las vigas y el hormigonado de las ventanas de los pilares.



⇒ **Figura 9.-** Apoyo de placas en vigas prefabricadas y detalle de hormigonado de ventanas de pilares prefabricados.

Tras el montaje de los elementos prefabricados, y simultáneamente a ellos según se avanza longitudinalmente en los edificios, se ejecutan las losas aligeradas *in situ* de hormigón, armado o pretensado, que dan forma a las geometrías y vuelos curvilíneos de las plantas.

Para ello, en primer lugar se colocan las cimbras con el encofrado correspondiente y, a continuación, se monta la ferralla, tanto la armadura pasiva como la activa. Esta última, sólo en aquellos lugares donde es necesaria, se monta junto con los aligeramientos y se procede con el hormigonado en una sola fase, para lo cual es necesario atar los alige-



⇒ **Figura 10.-** Detalle del montaje de cimbras para la ejecución de contornos curvilíneos.



EN PORTADA

ramientos a la ferralla. En las Figuras 10, 11 y 12 se incluyen algunos detalles del proceso constructivo de las losas *in situ*.



⇒ **Figura 11.-** Detalle del ferrallado de losas ejecutadas *in situ*.



⇒ **Figura 12.-** Detalle del hormigonado de losas ejecutadas *in situ*.

En el caso de las zonas con losas de hormigón postesado, antes de la retirada de la cimbra, y una vez alcanzada una resistencia mínima en el hormigón, se procede con el tesado de los cables de la armadura activa. En la Figura 13 se incluye un detalle del proceso de tesado de los mismos.



⇒ **Figura 13.-** Detalle de tesado de los cable de pretensado.

Una vez tesados e inyectados los cables de pretensado, en el caso del hormigón pretensado, o una vez que el hormigón haya alcan-

zado una resistencia mínima, en el caso del hormigón armado, se procede con la retirada de las cimbras. En la Figura 14 se incluye una fotografía del estado final de la estructura.



⇒ **Figura 14.-** Vista final de la estructura.

Finalizadas las labores de construcción de la estructura soporte de los pabellones de Participantes, se procede con el montaje de las pasarelas mixtas que permiten el tránsito de peatones entre los diferentes edificios.

Las pasarelas están formadas por un cajón metálico con costillas, también metálicas, sobre el que se hormigona un forjado mixto de chapa colaborante, que actúa a su vez como soporte del pavimento. Las pasarelas se apoyan mediante apoyos de neopreno zunchado sobre unos pilares metálicos circulares. En la Figura 15 se incluye una vista de las pasarelas.



⇒ **Figura 15.-** Pasarela mixta.

El proceso constructivo particular de las pasarelas consta de las siguientes fases: en primer lugar se procede con el montaje en su posición definitiva de los pilares metálicos, a continuación, mediante elevación con grúa, se coloca sobre los pilares el cajón metálico que trae soldadas las costillas del mismo material. Por último, se procede con el montaje de la chapa grecada, el ferrallado y el hormigonado de la capa de compresión de las pasarelas.

“La versatilidad de los edificios para su uso post-Expo fue un requisito indispensable”

Recordemos que estas pasarelas se construyen en junta con los edificios para facilitar su desmontaje en la fase

post-Expo, y para no transmitir cargas verticales a los voladizos durante la fase de exposición.

PREFABRICADO VERSUS IN SITU

La elección de combinar dos tipologías estructurales aparentemente antagónicas responde a las necesidades de la Propiedad, Expo Zaragoza 2008, que se fundamentan en un plazo de ejecución mínimo, sin renunciar a la geometría y necesidades arquitectónicas del edificio. No es habitual la convivencia de ambas soluciones estructurales en un solo edificio, y menos aún en todas y cada una de las plantas.

En la Tabla 1 se enumeran las ventajas e inconvenientes que han surgido durante la ejecución de los Pabellones de los Países Participantes para ambas soluciones estructurales.

En la definición estructural de las diferentes plantas, zonas y usos de la estructura soporte se ha intentado adoptar la solución es-

Tabla 1.- Ventajas e inconvenientes de las soluciones estructurales adoptadas.

SOLUCIÓN ESTRUCTURAL	VENTAJAS	INCONVENIENTES
CON ELEMENTOS PREFABRICADOS	Menor plazo de ejecución. Permite avanzar en la obra mientras se procede con la construcción de los elementos prefabricados en taller.	Geometrías muy rígidas, con elementos poligonales, no permite la ejecución de bordes curvilíneos en planta.
	Sistema de construcción no apeado. No requiere colocación de cimbras proporcionando mayor movilidad en las obras.	Dificultades geométricas y necesidad de elementos estructurales adicionales (vigas metálicas) para la definición de grandes huecos de instalaciones.
		Necesidad de grúas que permitan la elevación de cargas elevadas, y que disminuyen la maniobrabilidad en la obra.
CON ELEMENTOS EJECUTADOS IN SITU	Completa libertad geométrica, tanto en bordes de forjado (rectos, curvos, etc.), como en la definición de huecos (tanto pequeños como de gran tamaño).	Necesidad de cimbras y encofrados durante el proceso de hormigonado, restando maniobrabilidad en la obra.
	La conexión entre los diferentes elementos (losas y pilares) es mediante nudos rígidos que se hormigonan de una sola vez, mejorando el comportamiento de la estructura frente a acciones horizontales.	Mayor plazo de ejecución (montaje de cimbras, hormigonado, desmontaje de cimbras, etc).



EN PORTADA

tructural que mejor se adapta a cada zona, teniendo presente que el mayor condicionante era el tiempo de ejecución de la obra, por lo que se ha extendido la solución de elementos prefabricados a la mayor superficie posible.

Debido a lo sinuoso de los contornos que planteaba la arquitectura el resultado obtenido ha sido un 60 % de la obra con elementos prefabricados y un 40 % con elementos ejecutados *in situ*, aproximadamente.

La convivencia de elementos prefabricados con elementos *in situ* ha dado lugar a detalles singulares de continuidad entre ambos elementos. En la Figura 16 se incluye, a modo de ejemplo, el detalle de continuidad entre placas alveolares y voladizos de losa *in situ*, donde fue necesario diseñar una armadura de cercos, que permitiera la correcta transferencia de esfuerzos entre la placa alveolar y la losa *in situ* a través del apoyo en la viga prefabricada.

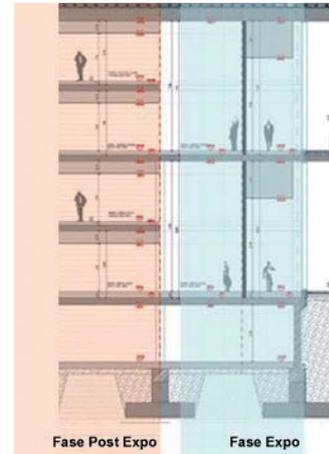


⇒ **Figura 16.-** Detalle de continuidad entre placas alveolares y losa *in situ* en los voladizos.

CONSIDERACIONES RELACIONADAS CON EL USO POST-EXPO

Como ya se ha indicado uno de los condicionantes del proyecto ha sido preparar la obra para el uso previsto en la fase posterior a la Expo. Este uso consiste en la reconversión de los pabellones en Parque Empresarial. Este uso precisa construir dos nuevos forjados, uno entre las plantas baja y la actual planta primera o de exposiciones, y otro entre la actual planta primera y la cubierta. En la Figura 17 se define una sección tipo

del edificio con los diferentes niveles de forjado en fase Expo y en fase post-Expo.



⇒ **Figura 17.-** Sección tipo comparativa de la situación en fase Expo y en fase post-Expo.

Las plantas nuevas se han previsto como forjados mixtos, formados por vigas metálicas y un forjado colaborante, sobre una retícula de pilares de 8 x 8 m. A tal efecto, se han previsto sobre los pilares prefabricados unos collarines metálicos donde se podrán soldar las vigas de los forjados post-Expo. De igual manera, sobre las vigas prefabricadas se han previsto unas placas metálicas sobre las que se anclarán los pilares post-Expo necesarios para formar la retícula de 8 x 8 m (recordemos que la cuadrícula de pilares en fase Expo es de 8 x 16 m). Tanto las vigas como los pilares se han comprobado y dimensionado para el estado de cargas durante la fase de exposiciones y para el estado de cargas futuro con los forjados post-Expo. En la Figura 18 se incluye un detalle del collarín metálico en los pilares prefabricados y otro de la placa de anclaje en las vigas prefabricadas.



⇒ **Figura 18.-** Detalles de collarín en pilar y placa de anclaje en viga para la fase post-Expo.

CIFRAS Y CRÉDITOS

Algunos de los agentes que ha participado en el proyecto y construcción de la estructura soporte de los Pabellones de Participantes de la Expo Zaragoza 2008 han sido los siguientes:

Coordinación de proyecto y dirección de obra	UTE CGL Participantes
Proyecto de estructuras y asistencia técnica	Ines Ingenieros Consultores
Asesor de la Propiedad en prefabricados	J. L. Lleyda y J. E. Gimeno
Constructoras	Ferrovial – Agroman Acciona Constructora San José
Empresas suministradoras de prefabricados	Tecnyconta Prainsa
Empresas suministradoras del pretensando	Tecpresa Freyssinet VSL Stronghold

CIFRAS DE INTERÉS

Superficie total construida	120.000 m ² (aproximadamente)
Porcentaje obra prefabricada / obra <i>in situ</i>	60 % / 40 %
Plazo de ejecución	10 meses
Presupuesto de ejecución material	32.485.000 €



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.



Calsider informa

Orense, 58 - 10º 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



EL CONTROL EN LA INSTRUCCIÓN EHE-08

Julio Vaquero – Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. IPAC.

El capítulo de Control en la nueva Instrucción EHE-08 ha experimentado un importante cambio al incorporar nuevos criterios que tratan de aumentar su eficacia reduciendo al mismo tiempo el número de ensayos que es preciso efectuar en obra.

La existencia del mercado CE, el control de producción que efectúen los suministradores de materiales y productos que vayan a incorporarse con carácter permanente a la estructura, así como los distintivos de calidad oficialmente reconocidos juegan un papel fundamental en la nueva filosofía adoptada por la Comisión Permanente del Hormigón.

El sistema de control que establece la Instrucción EHE-08 tiene dos objetivos fundamentales. El primero de ellos es proporcionar una herramienta a la Dirección Facultativa para que pueda asumir, en representación de la Propiedad, que la estructura cumple con las especificaciones establecidas en el proyecto. El segundo es la identificación de las obligaciones de cada uno de los agentes durante la construcción de la estructura, razón por la que se establece la necesidad imperiosa de mantener la trazabilidad de cada material o producto que se incorpora a ésta con carácter definitivo.

AGENTES DEL CONTROL DE CALIDAD

Como novedad en relación a la anterior Instrucción EHE (en lo sucesivo EHE-98) se define quiénes son los agentes que intervienen en el control de calidad de las estructuras de hormigón. Así, estos son:

- La Dirección Facultativa.
- Los laboratorios de control.
- Las entidades de control.

La Dirección Facultativa es la responsable del control de recepción de los productos y de ejecución de la estructura, debiendo aprobar el programa de control de calidad para la obra. En el uso de sus atribuciones, ésta puede pedir la realización de las inspecciones y ensayos que considere pertinentes sobre los productos que vayan a emplearse en la obra, con independencia de si éstos están en posesión del mercado CE o de un distintivo de calidad oficialmente reconocido (DOR).

Los laboratorios de control son los responsables de efectuar, en su caso, los ensayos de comprobación de conformidad de los productos a su recepción en obra. Se exige, por tanto, que sean independientes de las partes intervinientes, salvo en el caso de que pertenezcan a la Propiedad, y que tengan la capacidad suficiente. En el caso de los laboratorios privados, su capacidad se demuestra mediante la acreditación ENAC o mediante la acreditación que otorgan las Administraciones Autonómicas para las áreas correspondientes. Para los laboratorios pertenecientes a cualquier Centro Directivo de las Administraciones Públicas con competencia en el ámbito de la construcción, este requisito no es necesario.

Las entidades de control prestan asistencia técnica en los distintos controles que contempla la Instrucción EHE-08 (proyecto,



REPORTAJES

recepción y ejecución) debiendo ser independientes y con capacidad suficiente, salvo que pertenezcan a la Propiedad. En el caso de obras de edificación, las entidades privadas deben demostrar su capacidad mediante la correspondiente acreditación otorgada por las Administraciones Autonómicas.

El nuevo texto reglamentario da una gran importancia a la independencia de los laboratorios y entidades de control que realizan las comprobaciones ligadas a la recepción de los productos o a la ejecución de la estructura. Por ello, establece la obligación de que ésta se avale ante la Propiedad antes del comienzo de las obras, lo que implica que no pueden existir relaciones empresariales con ninguno de los agentes intervinientes: autor del proyecto, constructor, suministradores de productos, etc. Pero, además, aconseja que el coste del control se considere de forma independiente al presupuesto de la obra y que incluso su abono se efectúe por parte de la Propiedad directamente, evitando así que éste se produzca a través de la actividad controlada (autor del proyecto o constructor).

PLAN Y PROGRAMA DE CONTROL

Otra novedad del texto reglamentario es la incorporación de la obligación de que el proyecto incluya en su memoria un plan de control con su correspondiente valoración, que se incluirá como un capítulo independiente en el presupuesto del proyecto.

De acuerdo con el plan de control del proyecto y el plan de obra del Constructor, la Dirección Facultativa ha de elaborar un programa de control que debe contener:

- La identificación de los productos y procesos objetos de control definiendo lotes y unidades de inspección, comprobaciones a efectuar y criterios a seguir en el caso de no conformidad.
- Los medios humanos y materiales precisos, el programa de control y la designación de los responsables para la realización de toma de muestras, en su caso.
- El sistema de documentación de control que se empleará durante la obra.

EL CONTROL DEL PROYECTO

El control del proyecto es una novedad en la nueva Instrucción EHE-08, al que dedica el capítulo 15.

Se trata de un control potestativo que puede efectuar la Propiedad a través de una entidad de control de calidad y que, en el caso de las obras promovidas por las Administraciones Públicas, puede efectuarse con independencia de lo establecido en la Ley de Contratos de la Administraciones Públicas (R.D. 2/2000, de 16 de junio).

Los objetivos de este control son varios:

- Comprobar que el proyecto es conforme con la propia Instrucción EHE-08 y con otras reglamentaciones que pudieran serle de aplicación.
- Comprobar su calidad y grado de definición, de forma que puedan subsanarse las deficiencias que presente y puedan afectar a la calidad final de la estructura proyectada.

"El control de proyecto se recomienda para todo tipo de obras"

Este control está recomendado para todo tipo de obras pero muy especialmente para aquellas que tengan una importancia especial por la incidencia económica o social que pudiera derivarse de un fallo estructural, de una prematura puesta fuera de servicio o de un grave impacto medioambiental, contemplándose dos posibles niveles de control: normal o intenso, en función de la complejidad estructural.

Esta iniciativa es realmente importante y merece hacer una sencilla reflexión por parte de todos para convencernos de la importancia de que se efectúe un control de proyecto para prácticamente todas las obras. Y como muestra, un botón. El túnel de bateo del pabellón de Sant Boi de Llobregat seguramente fuera considerado como una obra menor, con una repercusión económica baja y, por lo tanto, no merecedora de que una entidad de control procediera a la revisión de su proyecto.

Probablemente la Dirección Facultativa no consideró de importancia inspeccionar la confección de los muros de bloques de hormigón que lo constituían y soportaban su cubierta, y probablemente el constructor no pensó tampoco que fuese necesario armar el muro a flexión y rigidizar determinados nervios mediante su hormigonado. Una cadena de errores que condujo a su hundimiento el pasado 24 de enero, causando la muerte de 4 niños y dejando una decena de heridos.

EL CONTROL DE LA CONFORMIDAD DE LOS PRODUCTOS

Todos los productos que se reciban en la obra han de ser objeto de control, con el fin de que la Dirección Facultativa pueda comprobar que sus características técnicas cumplen las exigencias del proyecto.

La Instrucción EHE-08 contempla dos posibles situaciones en función de que el producto deba o no disponer del marcado CE según la Directiva 89/106/CEE. Con independencia de ello, reconoce el derecho de la Dirección Facultativa, en función de sus atribuciones, y del Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, a disponer la realización de las comprobaciones o ensayos que se consideren oportunos sobre éstos y otros materiales, con independencia de los marcados, distintivos o garantías que pudieran ostentar.

Productos con obligación de poseer el marcado CE

La conformidad de estos productos se comprueba mediante la verificación de que los valores declarados en los documentos que los acompañan permiten deducir el cumplimiento de las especificaciones indicadas en el proyecto y, en su defecto, en la Instrucción EHE-08.

Por lo tanto, el control sobre estos productos se reduce a un control documental sin que sea precisa la realización de toma de muestras o de ensayos, a no ser que así lo indique la Dirección Facultativa.

Es evidente que el texto reglamentario no puede ser más preciso dada la enorme variedad de casos que pueden

presentarse. No obstante, estamos ante una situación bastante delicada, pues la cuestión se centra en quién es el responsable de deducir que las características y prestaciones de un producto con marcado CE se ajustan a las especificaciones indicadas en el proyecto. La Instrucción indica que debe ser el responsable de la recepción, que como hemos visto figurará en la relación del Plan de Control pero, ¿esto exime de responsabilidad a la Dirección Facultativa o al Autor de Proyecto en el caso de una decisión no acertada?

Productos sin obligación de poseer el marcado CE

La comprobación de la conformidad de los productos sin marcado CE comprende tres fases:

- a) Un control documental.
- b) Un control mediante distintivos de calidad oficialmente reconocidos.
- c) Un control experimental mediante la realización de ensayos, en su caso, por parte de laboratorios y/o entidades de control.

Además, la Instrucción indica que la Dirección Facultativa ha de valorar la conveniencia de efectuar una visita de inspección a las instalaciones de fabricación de los productos que se incorporarán a las obras con carácter definitivo (hormigón, armaduras, elementos prefabricados, etc.) con el fin de comprobar la idoneidad para efectuar sus operaciones, así como la implantación de un sistema de control de producción conforme con la legislación aplicable y con la Instrucción EHE-08. Se pone, además, un especial énfasis en la comprobación de los acopios de los materiales componentes y del proceso de producción para poder garantizar la trazabilidad de cada uno de ellos y del producto final resultante.

Este tipo de inspecciones se efectuarán a través de entidades de control y se llevarán a cabo sobre instalaciones de fabricación de productos que no estén en posesión de un DOR o del marcado CE, siendo obligatorias en las instalaciones de obra: central de fabricación de hormigón, parque de ferralla, instalación de prefabricación, etc.

El control documental de los suministros

Al igual que en la Instrucción anterior, el control documental es un elemento fundamental en el esquema de control y se realiza antes, durante y después del suministro. Este último aspecto es novedoso



REPORTAJES

y consiste en un certificado de garantía del producto suministrado, firmado por persona física con suficiente poder de representación, en el que se indica con detalle los productos suministrados y su fecha de suministro, y se declara que todos ellos cumplen las especificaciones establecidas para ellos por la Instrucción EHE-08.

En base a esta documentación se establece un sistema de trazabilidad de los suministradores de las partidas o remesas de los productos, de forma que se pueda identificar, en el caso más exigente correspondiente a un nivel de control intenso de ejecución, el elemento estructural en el que han sido empleados.

El sistema de trazabilidad está esbozado en la Instrucción y diseccionado en un gran número de artículos del texto reglamentario, pero se ha dejado claro el espíritu que se trata de conseguir con ello: mantener las responsabilidades ligadas a cada actividad.

Conscientes de la complejidad de este control, los redactores de la Instrucción recomiendan la utilización de sistemas que se ajusten al formato general de intercambio de datos.

El control de recepción mediante distintivos de calidad oficialmente reconocidos

El principio de un control de recepción consiste en aplicar los controles necesarios para mantener en valores suficientemente bajos la probabilidad de aceptar un lote de productos no conformes con la especificación definida en el proyecto, conocido como riesgo global del usuario. Asimismo, se debe ser cuidadoso para no rechazar lotes o partidas conformes, a lo que se denomina riesgo global del suministrador.

En general, se trata de adoptar sistemas en los que ambos, suministrador y usuario, compartan un riesgo del 50 %.

Este sistema conduce a la realización de un elevado número de ensayos y comprobaciones que en muchas ocasiones podría reducirse sin aumentar el riesgo del usuario, o incluso disminuyendo éste a valores muy bajos. La forma de operar es tener en cuenta el control de producción del suministrador, que siempre será mucho más efectivo que el control de recepción que se pueda efectuar en una obra. Para que esta opción sea posible, la Instrucción EHE-08

exige que el sistema esté avalado por un distintivo de calidad o por un sistema equivalente a éste (para el caso de productos elaborados en la propia obra) que sea objeto de reconocimiento por parte de una Administración competente en el ámbito de la construcción.

“El control documental es pieza clave del nuevo sistema”

Se establece así todo un sistema de reconocimiento que conduce a una serie de consideraciones especiales, que pueden ir desde la ampliación de los tamaños de los lotes, a la exención de cualquier tipo de comprobación experimental sobre el producto.

El alcance del sistema de distintivos oficialmente reconocidos (DOR) se describe en detalle en [1] por lo que no vamos a detenernos en este aspecto.

El control de recepción mediante ensayos

Por último, se mantiene la posibilidad de efectuar ensayos cuando se lleva a cabo la recepción de los productos en obra, siendo encomendados a laboratorios y entidades de control de calidad.

Como regla general, el sistema de ensayos está reservado para aquellos productos que no tienen marcado CE ni están en posesión de un DOR, o para determinadas características de gran responsabilidad, como por ejemplo la resistencia del hormigón, en cuyo caso su número es muy reducido para productos en posesión de un DOR.

El sistema de comprobaciones experimentales es tan exhaustivo que puede hacer inviable determinadas actividades industriales, por lo que de alguna forma es un sistema para incentivar la vía de la certificación. Tomando como ejemplo el hormigón, el número de amasadas a controlar cuando no dispone de un distintivo de calidad reconocido es 15 veces superior, y los estimadores estadísticos aplicables son más exigentes, lo que implica tener que fabricar hormigones con una resistencia

media superior y ser, en definitiva, menos competitivos económicamente.

Continuando con el ejemplo del hormigón, la vía de la certificación optimiza los procesos y los ensayos. De este modo, en caso de estar en posesión de un DOR, un hormigón HA-30 para ambiente Ila será objeto de ensayos de control de producción en la central de hormigón y el número de ensayos a efectuar en obra será muy reducido, teniendo por objeto servir de ensayos de identificación del producto. Sin embargo, si la central no dispone de un DOR va a tener que hacer ensayos de control de producción, por ser éstos obligatorios, pero además su producto va a ser evaluado en cada obra que suministre y, lo que es peor, ensayado por muy distintos laboratorios entre los que puede haber importantes desviaciones, no siempre imputables al producto en sí sino a los factores que rodean la fabricación y conservación de las probetas, su preparación para el ensayo y la realización del propio ensayo. Por lo tanto, el riesgo para el suministrador de que se rechace una partida conforme con la especificación se incrementa notablemente, lo que de nuevo le hace menos competitivo.

PRINCIPALES NOVEDADES EN EL CONTROL DE LOS PRODUCTOS

Control de conformidad de los componentes del hormigón

El control de recepción de los cementos se remite a la Instrucción RC-08, que efectúa un control documental, una inspección visual del estado de la remesa para ver si hay síntomas de deterioro y un control mediante ensayos que es potestativo y de aplicación cuando así lo indique el proyecto o lo decida el responsable de la recepción por haber detectado alguna anomalía en las fases anteriores.

Los **cementos** comunes, incluidos los de bajo calor de hidratación, tienen la obligación de ostentar el marcado CE, mientras que los cementos resistentes a sulfatos, resistentes al agua de mar, para usos especiales y los cementos blancos están sujetos al R.D. 1313/1988. En

ambos casos, se contempla la posibilidad de que los cementos ostenten un distintivo de calidad oficialmente reconocido.

Los **áridos** deben disponer del marcado CE, salvo los de autoconsumo para los que se debe aportar un certificado de ensayos¹ que demuestre su conformidad con las especificaciones del proyecto y de la Instrucción EHE-08, con una antigüedad no superior a 3 meses. No se indica el número de ensayos a efectuar ni el tamaño muestral y simplemente se indica que el nivel de garantía estadística debe ser equivalente al exigido por la norma UNE-EN 12620 para el marcado CE.

Los **aditivos** incluidos en la norma UNE-EN 934-2 están sujetos al marcado CE. Hablamos por tanto de plastificantes, superplastificantes, retenedores de agua, inclusores de aire, aceleradores y retardadores del fraguado, aceleradores del endurecimiento e hidrofugantes. Los restantes aditivos deben presentar un certificado de ensayos que demuestre su conformidad con las especificaciones del proyecto o con la Instrucción EHE-08, con una antigüedad inferior a 6 meses y con un nivel de garantía estadística equivalente al exigido para el marcado CE.

Las **adiciones**, cenizas volantes y humo de sílice, deben disponer del marcado CE.

El **agua** no requiere de ensayos específicos cuando pertenezca a la red de suministro de agua potable, debiendo realizarse ensayos semestrales en caso contrario.

Control del hormigón

Los **ensayos previos y característicos del hormigón** se desarrollan de manera más amplia en el Anejo 22, que es un anejo reglamentario. Se modifica ligeramente el criterio estadístico para aprobar los resultados de los ensayos característicos, de forma que una vez obtenidos y ordenados los resultados medios de 6 amasadas:

$$x_1 \leq x_2 \leq \dots \leq x_6$$

¹ Los ensayos deben haber sido efectuados por un laboratorio acreditado por ENAC, por las Comunidades Autónomas en las áreas de hormigón, o bien perteneciente a un Centro Directivo de las Administraciones Públicas con competencias en el ámbito de la construcción.



REPORTAJES

se considera que el ensayo característico es favorable si se cumple:

$$\bar{x}_6 - 0,8 (x_6 - x_1) \geq f_{ck}$$

La Instrucción EHE-08 añade los **ensayos característicos de dosificación** cuyo objetivo es comprobar la conformidad con los criterios de durabilidad establecidos por la propia Instrucción para hormigones que vayan a estar sometidos a clases de exposición distintas a la I, IIa y IIb o a cualquier clase específica (Q, H, E, F), y se basan en la realización de ensayos de penetración de agua bajo presión conforme a la norma UNE-EN 12390-8, comprobándose los valores de las profundidades máximas y medias de penetración.

Otra novedad es que los ensayos característicos de dosificación pueden hacerse de forma conjunta con los ensayos característicos de resistencia, en cuyo caso se exige que ésta, $f_{c,dosif}$, sea superior a la resistencia característica, f_{ck} , establecida en el proyecto, y que no sea inferior en más de 5 N/mm² al valor indicado en la Tabla 37.3.2.b de la Instrucción EHE-08, de resistencias mínimas recomendadas en función de los requisitos de durabilidad. En caso contrario, la Dirección Facultativa debe rechazar el inicio de suministro del hormigón.

En relación a los **métodos de ensayo** se incorporan nuevos procedimientos para la determinación de la docilidad del hormigón autocompactante (Anejo 17) como el embudo en V, el anillo japonés o la caja en L.

Si bien la resistencia del hormigón en la Instrucción EHE-08 está referida a la probeta cilíndrica de 15 x 30 cm, se admite el empleo de la probeta cúbica de 15 cm y de 10 cm de arista, esta última para hormigones de resistencia superior a 50 N/mm², incluyéndose el coeficiente de conversión correspondiente entre ambos tipos de probeta. El empleo de probeta cúbica presenta la ventaja de no hacer necesaria la preparación de la superficie de la probeta o su refrentado, lo que unido a su menor peso la hace especialmente interesante para los laboratorios de control.

Como novedad, se indica reglamentariamente el tiempo máximo de permanencia de las probetas confeccionadas en obra y el intervalo de temperaturas en los que puede estar, de forma que si éstos no pueden garantizarse es preciso habilitar en obra un recinto específico para poder mantenerlas en esas condiciones. En defini-



➡ Nuevos métodos de ensayo para hormigones autocompactantes: a) caja en L, b) embudo en V y c) anillo japonés.

Tabla 1.- Condiciones de conservación de las probetas de hormigón en obra.

Intervalo de temperaturas (°C)	Resistencia característica (N/mm ²)	Periodo de permanencia en obra
15 – 30	< 35	72 horas
	≥ 35	24 horas
15 – 35	Cualquiera	24 horas

tiva, salvo zonas de temperatura suave y estable, como por ejemplo las islas Canarias, o en épocas estivales y primaverales en determinadas zonas de la Península, va a ser absolutamente imprescindible habilitar este recinto y que reúna las condiciones mínimas exigidas en prácticamente la totalidad de las obras de construcción, lo que sin duda va a redundar en una menor variabilidad en los resultados de ensayo, al actuar en el momento en el que se producen las primeras fases de hidratación del cemento y de la formación de enlaces.

En relación a la **hoja de suministro** se debe indicar la dosificación real del hormigón. De no indicarse nada, se entiende que las tolerancias serán las correspondientes a la dosificación, es decir: ± 3 % para el cemento, las adiciones y la relación a/c y del ± 5 % para los aditivos. Además, se van a controlar las desviaciones que se produzcan con relación al certificado de dosificación entregado antes del inicio del suministro, admitiéndose como normales variaciones de 0 a 15 kg para los contenidos conjuntos de cemento y adiciones, y de -0,02 a 0 para la relación a/c. Fuera de estos límites se considera que existe una discrepancia y la decisión a adoptar queda en manos del responsable de la recepción, puesto que la Instrucción no indica nada al respecto.

En el **control de la consistencia**, la Instrucción EHE-08 incorpora la consistencia líquida, definida por un asiento en cono de Abrams de 16 a 20 mm, para el que se admite una tolerancia de ± 2 cm, lo que hace que sea posible controlar hormigones con asiento comprendido entre 14 y 22 cm con un procedimiento de ensayo válido, exclusivamente, para el intervalo 10 – 20 cm, lo que puede provocar problemas en algún momento.

En el **control estadístico de la resistencia** se mantiene el tamaño máximo de los lotes para hormigones sin DOR, y se multiplica por 2 o por 5 cuando éstos tienen un DOR, dependiendo del nivel de exigencia de éste (ver [1]). El número N de amasadas a controlar por lote se ha modificado, tal y como se recoge en la Tabla 2.

Por otro lado, se modifican totalmente los criterios de aceptación o rechazo en relación a los utilizados en la Instrucción EHE-98, contemplándose cuatro posibles casos:

- Caso 1: hormigón en posesión de un DOR de nivel de exigencia alto (apartado 5.1 del Anejo 19).
- Caso 2: hormigón en posesión de un DOR de nivel de exigencia bajo (apartado 6 del Anejo 19), hasta 31 de diciembre de 2010.
- Caso 3: hormigón sin distintivo.

Tabla 2.- Número de amasadas a controlar por lote.

Instrucción	Resistencia característica (N/mm ²)	Hormigón con DOR de nivel superior	Otros casos
EHE-98	$f_{ck} \leq 25$		$N \geq 2$
	$25 < f_{ck} \leq 35$		$N \geq 4$
	$f_{ck} > 35$		$N \geq 6$
EHE-08	$f_{ck} \leq 30$	$N = 1$	$N \geq 3$
	$35 \leq f_{ck} \leq 50$	$N = 1$	$N \geq 4$
	$f_{ck} > 50$	$N = 2$	$N \geq 6$

El número de lotes no puede ser inferior a 3; correspondiendo, si es posible, a los diferentes tipos de elemento estructural (elementos a compresión, a flexión y macizos). En el caso de lotes ampliados, el lote no podrá estar formado por amasadas suministradas a obra durante un periodo de tiempo superior a 6 semanas.



REPORTAJES

- Caso 4: hormigón sin distintivo fabricado de forma continua en central y suministrado de forma continua a obra, del que se han controlado más de 36 amasadas.

Para cada uno de ellos se contempla un criterio de aceptación diferente, tal y como se recoge en la Tabla 3. Si el criterio de aceptación no se verifica, la Dirección Facultativa rechazará el lote o valorará la conveniencia de efectuar comprobaciones adicionales (por ejemplo, ensayos de información complementaria). Únicamente, en el caso de hormigones en posesión de un DOR de nivel de exigencia alto se pueden admitir valores inferiores a la resistencia característica, siempre que no haya ningún ensayo cuyo resultado haya sido inferior a $0,90 \cdot f_{ck}$ y que los datos correspondientes al control de producción más próximo a la fecha de suministro demuestren que se verifica que $\bar{x} - 1,645 \sigma \geq 0,90 \cdot f_{ck}$.

Control del hormigón para la fabricación de elementos prefabricados

El artículo 86.9 es nuevo en la Instrucción como consecuencia de la incorporación a ésta de los elementos prefabricados.

Los criterios de control que se establecen son los que debe llevar a cabo la instalación de prefabricación cuando los productos que fabrica no tienen la obligación de ostentar el marcado CE, o que teniéndola, se quiera poder utilizar un coeficiente parcial de seguridad para el hormigón, γ_c , de 1,5 en lugar de 1,7 que sería el aplicable en caso de seguir los criterios de la norma EN 206-1 para el control del hormigón. En cualquier momento la Dirección Facultativa puede efectuar la comprobación del sistema de control que se está utilizando en la instalación de prefabricación.

Tabla 3.- Criterios de conformidad de la resistencia del hormigón.

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.

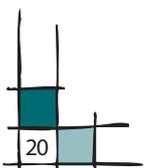
K_2, K_3 Estimadores estadísticos función del número de amasadas controladas.

	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.

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



El control estadístico se efectúa sobre los ensayos llevados a cabo en la instalación sobre el mismo tipo de hormigón a lo largo de un mes, debiéndose disponer de un mínimo de 16 ensayos. El criterio de aceptación que se aplica es el mismo que el utilizado para un hormigón en posesión de un DOR transitorio (ver caso 2 en la Tabla 3) con la diferencia de que la desviación típica σ corresponde a los 35 últimos resultados. Si la producción de un determinado tipo de hormigón no es continua, de forma que el número de resultados mensuales no llega a 16, se admite el control semanal de los lotes, aplicándose entonces el mismo criterio que el definido en la Tabla 3 para hormigones sin distintivo (caso 3).



➔ Montaje de pilares prefabricados.

Control del acero para armaduras pasivas

La principal novedad es que los aceros en posesión de un DOR están exentos de la realización de ensayos y, en caso de no disponer de dicho distintivo, deben someterse a ensayos de recepción diferenciándose si los suministros son mayores o menores de 300 t.

Los suministros se dividen en lotes de 40 t de tamaño máximo (el doble respecto a la anterior Instrucción EHE-98) en

los que el acero debe ser del mismo tipo, serie y fabricante, sobre los que se efectúan una serie de ensayos (tracción, sección equivalente, geometría, doblado-desdoblado) cuyo número es el doble para suministros de más de 300 t.

En grandes suministros se da la opción al suministrador de aportar certificados de trazabilidad y de control de producción del fabricante, efectuándose ensayos de contraste sobre la composición química de la colada y ensayos mecánicos sobre lotes correspondientes a la misma colada, serie y fabricante, con un número mínimo de 15 lotes.

Además, si el acero va destinado a estructuras sometidas a fatiga o situadas en zona sísmica debe demostrarse la idoneidad del acero admitiéndose para ello un informe de ensayos con una antigüedad no superior a un año, garantizando el cumplimiento de las exigencias establecidas por la Instrucción (resistencia a fatiga y/o resistencia a cargas cíclicas). Los ensayos deben haber sido efectuados por un laboratorio acreditado por ENAC o perteneciente a un Centro Directivo de las Administraciones Públicas con competencia en materia de construcción.

Control de acero para armaduras activas

Al igual que el caso anterior no es necesaria la realización de comprobaciones experimentales si el acero está en posesión de un DOR. En caso contrario se distinguen los ensayos a realizar en función del tamaño del suministro estableciéndose la distinción en si éste es mayor o menor a 100 toneladas.

El tamaño de los lotes se ha multiplicado por 4 pasando de 10 t a 40 t sobre el que se efectúa tan sólo la comprobación de la sección equivalente y un ensayo de tracción completo, al menos dos veces durante la obra.

En caso de suministros grandes se ha de facilitar un certificado de trazabilidad, una copia del certificado de control de producción del fabricante y efectuar un contraste de trazabilidad de la colada mediante la determinación de su composición química. Por último, también es pertinente presentar un certificado de ensayos que permita establecer la conformidad del acero frente a la corrosión bajo tensión.



REPORTAJES

En cualquier caso, y dada la trascendencia e importancia que puede tener el fallo de este tipo de acero en un elemento pretensado, el nivel de control establecido parece insuficiente, sobre todo tratándose de productos sin ningún tipo de distintivo u homologación.

Control de las armaduras pasivas

El artículo 88 es nuevo como consecuencia del desarrollo que la Instrucción EHE-08 realiza de las armaduras pasivas (ver [2]). El control establecido tiene por objeto comprobar la conformidad, antes de su montaje en obra, de las mallas electrosoldadas, las armaduras básicas electrosoldadas en celosía, las armaduras elaboradas y la ferralla armada.

Las comprobaciones que se efectúan sobre las armaduras pasivas son, en principio, las relativas a su geometría, a sus características mecánicas y a sus condiciones de adherencia, y se realizan tanto sobre las armaduras que se reciben en la obra como sobre las que se elaboran en ella.

Las **armaduras normalizadas** (mallas electrosoldadas y armaduras básicas electrosoldadas en celosía) no son objeto de

control experimental alguno si están en posesión de un DOR o, en un futuro, en el momento en el que dispongan de marcado CE. En caso contrario se procede a la realización de toma de muestras en los acopios de la obra y se efectúan, además de las comprobaciones indicadas para los aceros para armaduras pasivas (sección equivalente, geometría del corrugado, doblado-desdoblado y características mecánicas), la de carga de despegue de las uniones soldadas (2 por lote) y la geometría de los elementos (4 por lote). El tamaño del lote es de 40 toneladas (el doble que el indicado por la Instrucción EHE-98).

En el caso de las **armaduras elaboradas** y de la **ferralla armada** la toma de muestras se ha de efectuar en la instalación en la que éstas se elaboran, por lo que la instalación ha de comunicar su plan de fabricación, que previamente se habrá adaptado al plan de obra elaborado por el Constructor. Sólo en casos excepcionales podrá la Dirección Facultativa permitir que la toma de muestras se realice en la obra.



Pre-armado en instalación de ferralla.

Se hace una indicación específica para que el responsable de la toma de muestras vele por la representatividad de las mismas, de forma que no se vayan a tomar sobre armaduras que no se correspondan con el despiece de la obra, o de armaduras específicamente destinadas a la realización de ensayos². En el caso de que la toma de muestras supusiera la alteración de la armadura, se debe proceder a su reemplazamiento.

En el caso de que las armaduras elaboradas o la ferralla armada estén en posesión de un DOR no es necesario efectuar ninguna comprobación experimental. En caso contrario se formarán lotes de 30 t en los que las armaduras han de haber sido elaboradas con el mismo tipo de acero y forma de producto (barra o rollo) y deben haber sido suministradas en remesas consecutivas, en el caso de haber sido elaboradas en instalaciones ajenas a la obra, o haber sido fabricadas en las instalaciones de la obra en un periodo no superior a un mes.

Las características mecánicas sólo deben comprobarse en armaduras procedentes de rollo. Se ensayan 2 probetas por muestra correspondientes a un diámetro de cada serie de las definidas en UNE-EN 10080³. El número de ensayos puede reducirse a la mitad si el acero está en posesión de un DOR. El objetivo de estos ensayos es comprobar que el proceso de enderezado no ha afectado a las características exigidas al acero, especialmente en lo relativo al alargamiento bajo carga máxima, ϵ_{\max} , que no puede ser inferior a los márgenes establecidos en el artículo 33 de la Instrucción EHE-08 (4,5 % para armaduras tipo S y 7 % para armaduras tipo SD).

2 Esta mención especial hace referencia a una mala práctica detectada en los últimos años propiciada por la falta de organización del control efectuado en obra, de manera que en algunos casos se ha acudido a las instalaciones de ferralla para tomar muestras de aceros una vez finalizada la obra y transcurridos varios meses.

3 La norma UNE-EN 10080 no menciona de forma expresa la clasificación de diámetros por serie. La única referencia se encuentra en la Tabla C.1 del Anejo C, en el que se habla de diámetros pequeños (≤ 10 mm), diámetros medios ($10 \text{ mm} < d \leq 20$ mm), diámetros gruesos ($20 \text{ mm} < d \leq 32$ mm) y diámetros muy gruesos ($32 \text{ mm} < d \leq 50$ mm).

Si las armaduras se elaboran con procesos de soldadura resistente o no resistente hay que tomar otras 4 probetas por lote, correspondientes a las combinaciones de diámetros más representativos, y efectuar dos ensayos de tracción sobre los diámetros más finos y dos ensayos de doblado-desdoblado sobre los más gruesos. Como en el caso anterior, si el acero está en posesión de un DOR los ensayos pueden reducirse a la mitad. Este tipo de ensayos tiene por objeto comprobar que el proceso de soldadura utilizado no ha afectado a las propiedades tecnológicas del acero.

La comprobación de la geometría del corrugado sólo ha de efectuarse sobre armaduras procedentes del enderezado de rollo, realizándose la comprobación sobre 2 probetas de cada uno de los diámetros que conforman el lote. En el caso de aceros en posesión de un certificado de homologación de adherencia la comprobación consistirá en la determinación de la altura de corruga comprobando que cumple el mencionado certificado, y en el cálculo del índice de corrugas, f_{rr} , en los restantes casos comprobando que se verifican las condiciones establecidas para el tipo de acero.

Las características geométricas se comprueban sobre cada lote, procedente de barra o de rollo, en base a una muestra formada por un mínimo de 15 unidades de armadura verificando que la alineación de los elementos rectos, sus dimensiones y los diámetros de doblado se ajustan a lo indicado en el proyecto y en las hojas de suministro, y a las tolerancias indicadas en el Anejo 11 de la Instrucción EHE-08. Para la ferralla armada se debe comprobar, además, el número de elementos y la conformidad de la distancia entre barras.

Control de los elementos y sistemas de pretensado

El sistema de control es similar al establecido en la anterior Instrucción EHE-98, con la salvedad de contemplar la exención de comprobaciones experimentales si los materiales o sistemas de pretensado disponen de marcado CE o de DOR.

La novedad más destacable es que se ha eliminado la exigencia de presentar el certificado de que los dispositivos de anclaje y empalme de las armaduras postesas, las vainas y otros accesorios cumplen las condiciones especificadas para ellos en la Instrucción (artículo 35.2 y 35.3).



REPORTAJES

Control de los elementos prefabricados

El artículo 91 es totalmente novedoso. El control de los elementos prefabricados incluye la comprobación de la conformidad del hormigón y de las armaduras que los constituyen, así como la de los propios elementos prefabricados.

El control documental cobra una especial relevancia, puesto que a través del mismo, se va a proceder a comprobar los resultados de autocontrol del fabricante sobre los distintos procesos: elaboración de las armaduras, armado de la ferralla, montaje de la armadura pasiva, operaciones de pretensado, en su caso, fabricación, vertido, compactación y curado del hormigón. Asimismo, a través de este control documental se comprueba también la conformidad de los materiales y productos directamente empleados en la elaboración de los elementos prefabricados.

Además, en los productos en posesión del marcado CE se extreman las comprobaciones documentales, dada la circunstancia de que en función de los criterios de conformidad empleados varían los coeficientes parciales de seguridad del hormigón.

Las ventajas que obtienen los elementos prefabricados en posesión de un DOR son muy altas, puesto que no sólo pueden reducir los coeficientes parciales de seguridad del hormigón y del acero a 1,35 y 1,10 respectivamente, sino que quedan excluidos de todo tipo de comprobaciones experimentales.

Las comprobaciones experimentales se refieren a los procesos de prefabricación y a la geometría de los elementos, y ha de efectuarse al menos una vez durante la obra. En el caso de elementos normalizados fabricados en serie, se admite una comprobación documental sobre los registros de autocontrol, mientras que en el resto de los casos hay que efectuar las comprobaciones relativas

al proceso de elaboración de las armaduras de su montaje, de los procesos de aplicación del pretensado y de los procesos de fabricación del hormigón, conforme a lo indicado en los apartados que anteriormente se han descrito de estas actividades, así como de los procesos de vertido, compactación y curado con los requisitos similares a los que se describirán más adelante sobre ejecución.

El control de la geometría se efectúa sobre cada lote seleccionando una muestra representativa de elementos, considerándose como mínimo los valores indicados en la Tabla 4. En elementos normalizados prefabricados en serie, el lote se define como la cantidad de elementos de la misma tipología que forman parte de la misma remesa, del mismo fabricante, y cuyas fechas de fabricación no difieran en más de 3 meses. En el caso de elementos específicamente prefabricados para la obra el lote lo constituyen la totalidad de los elementos de la misma remesa y fabricante.

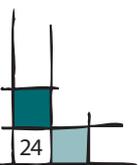
EL CONTROL DE EJECUCIÓN

El capítulo de control de ejecución se ha ampliado con relación a la Instrucción EHE-98. Desaparece el nivel de control reducido y se redefinen el control normal e intenso. Para este último, es imprescindible que el Constructor esté en posesión de un sistema de calidad certificado conforme a UNE-EN ISO 9001. Además, el nivel de control de ejecución deja de estar relacionado con el coeficiente de mayoración de acciones, γ_f .

El control de ejecución comprende la comprobación del control de producción del Constructor, así como

⇒ **Tabla 4.-** Número mínimo de elementos representativos para la comprobación experimental de la geometría de los elementos prefabricados.

Tipo de elemento suministrado	Número mínimo de elementos controlados en cada partida
Elementos tipo pilotes, viguetas, bloques, etc.	10
Elementos tipo losas, paneles, pilares, jácenas, etc.	3
Elementos de grandes dimensiones tipo artesas, cajones, etc.	1



la realización de inspecciones de los procesos durante la ejecución, contemplándose la posibilidad de poder prescindir de estas inspecciones externas para aquellos procesos que se encuentren en posesión de un DOR.

En el **Plan de Control** se mejora la definición de algunos aspectos, como por ejemplo que las personas responsables de llevar a cabo las comprobaciones del autocontrol figuren en un registro permanentemente actualizado que se debe incorporar a la documentación final de obra; o que los registros de las comprobaciones que lleven a cabo estos responsables estén firmados por ellos y queden recogidos en un soporte físico o electrónico.

Como novedad se establece la obligación de establecer un sistema de gestión de los acopios que permita mantener y justificar la trazabilidad de las partidas y remesas recibidas en la obra.

Los **lotes de ejecución** se definen con una mayor precisión que en la Instrucción EHE-98 y se introduce el concepto de unidad de inspección que es el tamaño máximo de una actividad o proceso que puede comprobarse durante una visita de inspección a la obra. De esta manera, en las visitas de inspección que realice la Dirección Facultativa podrá comprobarse, un determinado número de unidades de inspección que podrán pertenecer a uno o más lotes de ejecución.

Al igual que en la Instrucción EHE-98 el número de inspecciones a efectuar dependerá del nivel de control de ejecución. Ahora bien, éste número no se ha hecho depender del lote de ejecución sino de los procesos y actividades que se lleven a cabo, fijándose un número mínimo de comprobaciones sobre el autocontrol que el Constructor ha llevado a cabo sobre los mismos, así como de las inspecciones directas que hay que efectuar por parte de la Dirección Facultativa (ver Tabla 5).

La Instrucción EHE-98 incluía una tabla en la que se hacía referencia a las **comprobaciones a efectuar durante la ejecución**.

Tabla 5.- Frecuencias de comprobación del control externo de la Dirección Facultativa.

Procesos y actividades de ejecución	Número mínimo de unidades de inspección controladas por lotes de ejecución			
	Control normal		Control intenso	
	Autocontrol	Control externo	Autocontrol	Control externo
Cimbras	1	1	Totalidad	50 %
Encofrados y moldes	1	1	3	1
Despiece de planos de armado	1	1	1	1
Montaje de armaduras mediante atado	15	3	25	5
Montaje de armaduras mediante soldadura	10	2	20	4
Geometría armaduras elaboradas	3	1	5	2
Colocación armaduras	3	1	5	2
Operaciones de pretensado	Totalidad	Totalidad	Totalidad	Totalidad
Vertido y colocación del hormigón	3	1	5	2
Operaciones de acabado del hormigón	2	1	3	2
Ejecución juntas de hormigonado	1	1	3	2
Curado del hormigón	3	1	5	2
Desencofrado y desmoldeo	3	1	5	2
Descimbrado	1	1	3	2
Uniones de los prefabricados	3	1	5	2



REPORTAJES

La Instrucción EHE-08 desarrolla con más detalle estas comprobaciones y, en especial, las relativas a:

- Control de las cimentaciones.
- Control de las cimbras y apuntalamientos.
- Control de los encofrados y moldes.
- Control del montaje de las armaduras pasivas.
- Control de los procesos de hormigonado.
- Control de los procesos posteriores al hormigonado.

No se introduce ninguna modificación en el control del tesado de las armaduras activas y en el control de la ejecución de la inyección, salvo que en este último puede prescindirse de cualquier comprobación experimental si el sistema de pretensado cuenta con un DOR.

Se introducen, sin embargo, tres nuevos controles relativos al montaje y uniones de elementos prefabricados, al elemento construido y a los aspectos medioambientales.

El artículo relativo al **control del montaje y de las uniones de elementos prefabricados** indica que es preciso comprobar la conformidad de los elementos prefabricados con las especificaciones de proyecto, la existencia de planos de montaje, de un programa detallado de la secuencia de éste y de medios materiales y humanos capaces de llevarlo a cabo. Durante el montaje, es preciso vigilar para que se respeten las dimensiones y condiciones de ejecución de los apoyos, enlaces y uniones.

La finalización de cada una de las fases de ejecución de la estructura requiere de una **inspección específica del elemento construido** para comprobar sus dimensiones, que cobran una especial relevancia en el caso de haberse aplicado unos coeficientes de seguridad de los materiales reducidos, en cuyo caso es preceptivo el cumplimiento de determinadas tolerancias establecidas en el Anejo 11 de la Instrucción.

El **control de aspectos medioambientales** tiene por objetivo comprobar el cumplimiento de las exigencias que la Propiedad hubiera podido establecer relativas a la contribución de la estructura

a la sostenibilidad, mediante la comprobación de que se satisfacen los niveles prescritos para el índice ICES.

Los **ensayos de información complementaria** de la estructura, las pruebas de carga y los ensayos no destructivos tienen un enfoque similar al de la Instrucción EHE-98.

CONCLUSIONES

La Instrucción EHE-08 ha realizado una importante labor de revisión y adaptación de los criterios de control, con el objetivo de aumentar los niveles de calidad y seguridad de las estructuras sin necesidad de multiplicar en exceso los ensayos a efectuar en las obras.

El sistema se apoya en varios elementos:

- Los procedimientos de autocontrol de los fabricantes de productos y sistemas, pero también del propio Constructor en la obra, que pueden ser objeto de un reconocimiento oficial si demuestran que ofrecen un nivel de garantía superior al exigido por la Instrucción.
- El establecimiento de una asignación clara de responsabilidades a cada uno de los agentes intervinientes en el proceso, que quedan registrados en los distintos documentos que se generan en la obra (albaranes de suministro, garantías, partes de control, etc.) y perfectamente identificados gracias a los sistemas de trazabilidad previstos.

No se ha podido actuar sobre la componente humana presente en las obras, si bien se hace un pequeño gesto al comienzo del articulado al indicar:

"Esta Instrucción supone que el proyecto, construcción y control de las estructuras que constituyen el ámbito de su aplicación son llevados a cabo por técnicos y operarios con los conocimientos necesarios y la experiencia suficientes".

Es en el campo de la formación profesional donde es más importante actuar en el futuro para aumentar la calidad y seguridad de nuestras estructuras. Lamentablemente el perfil de los trabajadores del sector de la construcción en España demuestra niveles bajos de formación en comparación con otros sectores de la economía, con una elevada tasa de temporalidad (tan sólo el 21 % de los trabajadores tienen una antigüedad superior a 10 años), por lo que es difícil encontrar personas “con oficio” que hagan de la construcción una profesión a largo plazo.

Además, se constata que la mayor parte de la formación que reciben estos trabajadores es la relativa a la seguridad, y que el 68 % de los que han efectuado algún tipo de formación adicional considera que no es necesaria para realizar su trabajo.

Por lo tanto, en los próximos años habrá que actuar en este sentido para solventar esta carencia y poder hacer realidad las premisas con las que trabaja la Instrucción de Hormigón Estructural.

Por último, no quisiera finalizar este artículo sin añadir una tira de imágenes en las que se constatan las cuestiones que se han expuesto anteriormente.

Se trata de una obra de cierta importancia, en la que se va a emplear una estructura prefabricada. Parte de los pilares han de apoyar en el muro perimetral que, al no disponer del espesor suficiente, ha de dotarse de una serie de ménsulas en las que se empotra el pilar mediante unas vainas que posteriormente se hormigonan.



El muro se ejecuta de forma continua sin modificaciones del encofrado para prevenir la existencia de las ménsulas indicadas, que se ejecutan *a posteriori*. Como puede observarse, van fuertemente armadas, lo que requiere la realización de numerosos taladros, muy próximos entre sí, que seguramente producen un plano de corte en el hormigón, lo cual no parece que inquiete a los responsables debido al conocido principio del papel higiénico “nunca se rompe por donde están los agujeritos”.

Finalizada la colocación de las armaduras se improvisa un encofrado y se efectúa el hormigonado de estos elementos. El hormigón suministrado yace, impertérrito, en el centro del solar, donde es reamasado y cargado en el elemento de transporte correspondiente, que en esta ocasión es una carretilla elevadora. El vertido del hormigón, mediante capazo, se efectúa sin problemas procediéndose después a la compactación mediante picado con tablón, un elemento disponible en la obra pero que todavía no ha sido recogido por la Instrucción EHE-08.





REPORTAJES



Una vez endurecido el hormigón se procede a la retirada de los encofrados y para mantener la trazabilidad alguien grava en su superficie su nombre.

Pero la ejecución no ha finalizado. Faltan los taladros correspondientes a las vainas que luego van a emplearse para la unión de los pilares. Era mucho pedir que se hubieran dispuesto previamente; seguramente no cabrían con tanta armadura. El problema se soluciona fácilmente taladrando el hormigón el número de veces que sea necesario.



Finalmente se colocan los elementos y la obra finaliza sin incidencias...¿o no?



BIBLIOGRAFÍA

- [1] VAQUERO, J. "Los distintivos de calidad oficialmente reconocidos". Especial Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08 (Parte II). Revista Zuncho nº 19. Marzo 2009.
- [2] VIARTOLA, L.M. "Ejecución en la EHE-08". Especial Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08 (Parte II). Revista Zuncho nº 19. Marzo 2009.
- [3] FUNDACIÓN LABORAL DE LA CONSTRUCCIÓN. La formación continua en el sector de la construcción 2005. Madrid, 2006. ■

EL EMPLEO DE ADITIVOS EN LA CONFECCIÓN DE HORMIGONES DE ALTA DURABILIDAD

Daniel Ramos - Departamento Técnico Admixture Systems. BASF Construction Chemicals España S.L.

El nuevo texto de la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08), profundiza en el tratamiento de la durabilidad con objeto de disminuir las patologías derivadas de la agresividad del ambiente en que se ubica la estructura, que debe mantenerse en condiciones idóneas de uso durante la totalidad del periodo de su vida útil, para lo cual debe aplicarse una estrategia de durabilidad eficaz y coherente con la duración de la misma.

En este artículo se profundiza en las estrategias que pueden seguirse para la confección de hormigones de baja permeabilidad y alta durabilidad, siguiendo los mismos criterios que establece la nueva Instrucción.

La EHE-08 incorpora el Estado Límite de Durabilidad, el cual se entiende como *el producido por las acciones físicas y químicas, diferentes a las cargas y acciones del análisis estructural, que pueden degradar las características del hormigón o de las armaduras hasta límites inaceptables.*

Bajo esta definición, se puede decir que la durabilidad del hormigón depende fundamentalmente del tipo de ambiente (tipo de exposición, temperaturas extremas, desgaste, acción electrolítica, ataque de líquidos o gases), de las características del hormigón (reacción árido-álcali, retracción, expansión, porosidad) y de su puesta en obra. De todas sus propiedades, la porosidad es el factor fundamental para conseguir una óptima durabilidad.

POROSIDAD DEL HORMIGÓN

La permeabilidad depende del volumen, tamaño, distribución y continuidad de los poros contenidos en la masa. Por tanto, el grado de permeabilidad depende de la porosidad de la pasta de cemento (poros capila-

res y poros de gel), de los poros de compactación, del aire ocluido y de la porosidad del árido, especialmente importante en el caso de áridos ligeros.

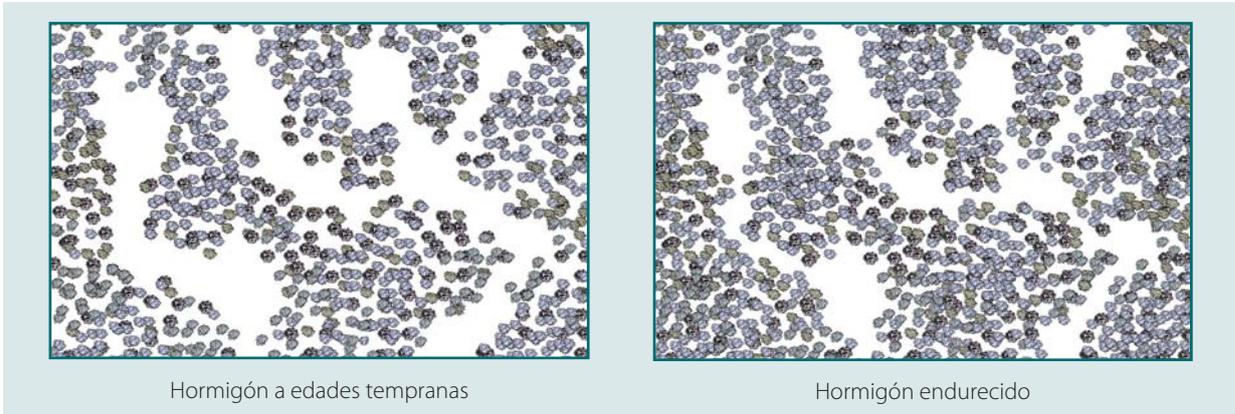


Porosidad de la pasta de cemento

En el proceso de hidratación del cemento, al comenzar el proceso de endurecimiento del hormigón, se produce la evaporación del agua excedente, de manera que se crean unos 'huecos' que se denominan "**poros capilares**". Además, existen otros huecos capilares dentro del propio gel denominados "**poros de gel**", que se distribuyen uniformemente en toda la pasta.



REPORTAJES



➡ *Evolución de los poros capilares y de gel durante la hidratación del cemento.*

En consecuencia, la porosidad capilar depende de la relación agua/cemento (*a/c*) y del grado de hidratación, ya que el volumen de poros capilares va decreciendo con el tiempo conforme se van produciendo productos hidratados, que rellenan parte de los poros capilares por ser de mayor volumen que el cemento anhidro. Los poros capilares forman una red interconectada a través de la pasta de cemento que constituye la principal causa de la permeabilidad.

De lo expuesto se deduce la necesidad de producir discontinuidades de los poros capilares para que la durabilidad de un hormigón se pueda clasificar como adecuada.

En este sentido, una adecuada relación *a/c* y un prolongado tiempo de curado húmedo, así como otras estrategias que se detallarán más adelante, son necesarias para generar discontinuidad en los poros capilares.

Porosidad del hormigón

La porosidad del hormigón está constituida, básicamente por:

- El aire ocluido en el interior de la masa en las operaciones de amasado, transporte, puesta en obra, compactado, vibrado, etc. que

forma poros de gran tamaño, y el ocluido mediante el empleo de aireantes en forma de micro burbujas uniformemente distribuidas. En ambos casos estos poros no suelen estar interconectados entre sí.

- Los poros de los áridos, en especial los de baja densidad.
- Las discontinuidades físicas originadas por fisuras de retracción y de origen térmico, o en hormigones disgregados, en los que la lechada asciende a la superficie, o por una inadecuada compactación.

Tan sólo los poros de mayor tamaño, y aquellos que se encuentran interconectados en el interior de la masa de hormigón, son los que pueden llegar a generar problemas relacionados con la durabilidad y otras propiedades.

Atendiendo a su tamaño, la porosidad del hormigón se clasifica en tres grupos: microporos, poros capilares y macroporos, siendo estos dos últimos grupos los que más condicionan los aspectos relacionados con la durabilidad.

➡ **Tabla 1.- Clasificación de la porosidad del hormigón.**

Clasificación de los poros	Radio (m)	Grupo	¿Afectan a la permeabilidad/durabilidad?
Poros de compactación	$10^{-2} / 10^{-4}$	Macroporos	SÍ
Aire ocluido	$10^{-3} / 10^{-5}$	Macroporos	SÍ
Poros capilares	$10^{-4} / 10^{-8}$	Capilares	SÍ
Poros de gel	$10^{-7} / 10^{-10}$	Microporos	NO

PERMEABILIDAD DEL HORMIGÓN

Como se ha indicado anteriormente la permeabilidad es el factor más determinante en la durabilidad de un hormigón, ya que de ella dependerá el que penetre mayor o menor cantidad de agentes agresivos, la posibilidad de congelación del agua, etc. Esta propiedad no depende exclusivamente del grado de porosidad del hormigón, sino del tamaño y distribución de éstos, así como de la continuidad e interconexión existente entre ellos dentro de la masa del hormigón.

Para evaluar la impermeabilidad de un hormigón, la Instrucción EHE-08 prescribe la utilización del ensayo de determinación de la profundidad de penetración de agua bajo presión (UNE-EN 12390-8), considerándose la obtención de resultados satisfactorios si se cumplen las limitaciones expuestas en la Tabla 2.

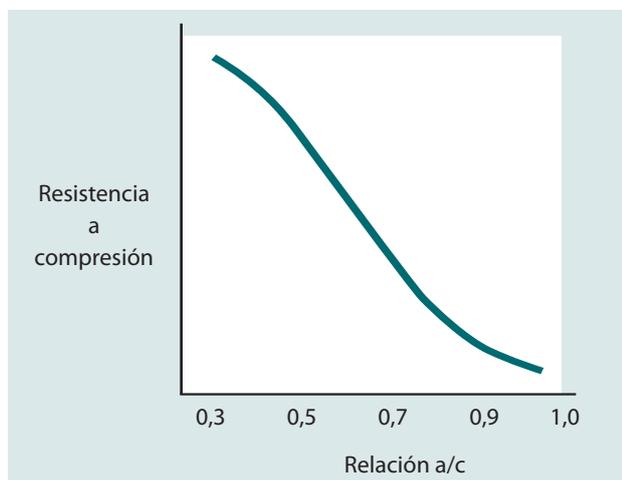
Para obtener unas adecuadas condiciones de durabilidad es decisiva la elección de una relación a/c suficientemente baja, la compactación idónea del hormigón, un contenido adecuado de cemento y la hidratación suficiente de éste, conseguida mediante un cuidadoso curado.

REQUISITOS GENERALES PARA LA CONFECCIÓN DE HORMIGÓN DE BAJA PERMEABILIDAD Y ALTA DURABILIDAD

Resistencia característica a compresión

La resistencia a compresión de un hormigón no es, por sí sola, garantía suficiente de la durabilidad del mismo (art. 31.2). Ahora bien, en términos generales, un hormigón con unas características mecánicas elevadas resistirá mejor las agresiones de los agentes externos, es decir, será más durable, debido a que el aumento

de las resistencias implica una disminución de la estructura porosa que, como se ha expuesto anteriormente, es la que mayor influencia tiene en la durabilidad.



Contenido y tipo de cemento

Se puede decir que cuanto mayor sea el contenido de cemento, siempre que el tipo, clase y categoría sean los adecuados según la normativa, mejor será la resistencia al ataque de los distintos agentes agresivos.

Sin embargo, el aumento en el contenido de cemento dará lugar a un aumento de la retracción y a que se desarrollen mayores temperaturas durante el fraguado y endurecimiento (posible aparición de fisuras de origen térmico), por lo que siempre será necesario adoptar unas medidas especiales de protección y curado, y/o limitar los contenidos máximos de cemento. Cuanto más prolongado sea el curado, más se favorecerá la impermeabilidad y durabilidad, con especial incidencia en las capas superficiales.

Relación agua/cemento

Este parámetro es determinante y **cuanto más baja sea la relación a/c de un hormigón, menor será la permeabilidad** y mejor se comportará frente a cualquier tipo de agresión.

Tabla 2.- Condiciones de impermeabilidad de un hormigón (Art. 37.3.3. EHE-08).

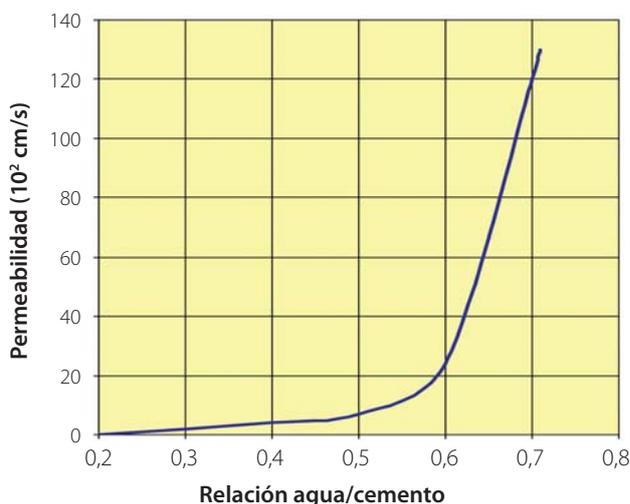
Clase de exposición ambiental	Especificación para la profundidad máxima	Especificación para la profundidad media
IIIa, IIIb, IV, Qa, E, H, F, Qb (elementos en masa o armados)	50 mm	30 mm
IIIc, Qc, Qb (elementos pretensados)	30 mm	20 mm



REPORTAJES

La cantidad de agua necesaria para que se produzca la reacción total del cemento es del orden de 0,3 kg por cada kg de cemento, es decir una relación $a/c = 0,3$. Esta cantidad de agua es conocida como el agua de hidratación, cualquier cantidad adicional de agua utilizada durante el amasado queda atrapada en forma de pequeñas bolsas y retenidas por fuerzas de Van der Waals. Con relaciones a/c del orden de 0,4 se dispone de un sólido sin porosidad abierta. Con lo cual, esa agua de amasado no tenderá a evaporarse en climas benignos. Sin embargo, para relaciones mayores el espacio que ocupa el agua es mayor que el que pueden llegar a cerrar la totalidad de las nubes de microcristales y, en consecuencia, entre esas nubes quedan capilares comunicados entre sí y con el exterior. Por estos capilares el agua puede moverse con libertad, se evapora, lo que hace aumentar la permeabilidad. Por eso se recomienda no superar una relación a/c de 0,40 para la confección de un hormigón de baja permeabilidad-alta durabilidad.

Esta reducida cantidad de agua puede dar como resultado una inadecuada trabajabilidad del hormigón, que dificultará su compactación y puesta en obra, por lo que requerirá el empleo de aditivos reductores de agua (superplastificantes), tal y como indica el art. 71.3.2 de la Instrucción EHE-08.



Consistencia del hormigón

Para la confección de un hormigón de baja permeabilidad-alta durabilidad es imprescindible asegurar una homogeneidad de la mezcla que permita la consecución de la mayor compacidad y continuidad física del elemento estructural.

La experiencia demuestra que la consistencia del hormigón desempeña un papel fundamental en la consecución de un hormigón homogéneo, compacto y continuo.

Se recomienda para ello emplear una consistencia fluida o líquida, con asientos superiores a 10 cm medidos con el cono de Abrams (UNE-EN 12350-2), debido a su mayor facilidad de compactación y colocación, incluso con mayor densidad del armado o de formas geométricas complejas en los moldes o encofrados (art. 31.5).

Mención especial merece el hormigón autocompactante (HAC), el cual se caracteriza por compactarse bajo la acción de su propio peso sin necesidad de energía de vibración ni de cualquier otro método de compactación, además de fluir de forma continua sin que se produzca su segregación, sangrado o exudación de la lechada, lo que facilita el hormigonado en piezas fuertemente armadas y/o con formas geométricas complicadas.

Para confeccionar este tipo de hormigones no es preciso acudir a relaciones a/c elevadas. El empleo de aditivos superplastificantes de última generación hace factible su fabricación alcanzando mayores prestaciones en cuanto a resistencias mecánicas, permeabilidad y durabilidad, facilitando la puesta en obra y disminuyendo los riesgos diferidos de una mala compactación.

Áridos

En general, los áridos utilizados serán aquellos que se dispongan en el área geográfica donde se realice la obra existiendo variabilidad en la calidad de los materiales incluso dentro de una misma zona o cantera.



Desde un punto de vista teórico y en cuanto a la consecución de una baja permeabilidad, es preferible el empleo de curvas granulométricas continuas (Fuller o Bolomey) a las discontinuas.

Una mezcla de áridos bien proporcionada, que sigue una curva granulométrica continua, producirá un hormigón de elevada cohesión y una reducida tendencia a la segregación, lo cual implica la confección de hormigones menos porosos y por tanto, de menor permeabilidad.

Sin embargo, si el método de puesta en obra es el bombeo y, además, se tienen problemas con el mismo, podría llegar a ser recomendable la utilización de curvas discontinuas (ACI 304) o semicontinuas, porque éstas favorecen el bombeo y la rapidez de puesta en obra.



UTILIZACIÓN DE ADITIVOS PARA LA CONFECCIÓN DE HORMIGÓN DE BAJA PERMEABILIDAD-ALTA DURABILIDAD

Tal y como se desprende de los apartados anteriores, la utilización de aditivos se convierte en imprescindible para la confección de un hormigón de baja permeabilidad-alta durabilidad, pudiéndose seguir diversas estrategias tal y como se enumeran a continuación:

- Superplastificantes: para conseguir relaciones a/c lo más bajas posibles, aumentando la fluidez, trabajabilidad, docilidad, etc.
- Filler puzolánico: con el fin de producir un hormigón con menos poros y de mayor compacidad.

- Impermeabilizantes: aditivos específicos que reducen la red y absorción capilar del hormigón.
- Aditivos inhibidores de corrosión.

Aditivos superplastificantes-reductores de agua de última generación

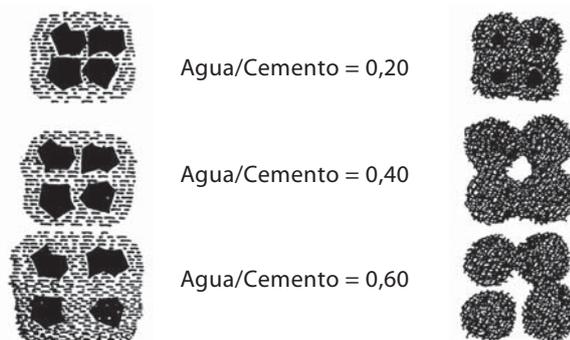
Los aditivos líquidos superplastificantes de última generación, como los de la gama GLENIUM® de BASF CC, son prácticamente indispensables para la confección de hormigones de alta resistencia y durabilidad.

La reducción de agua que se consigue con este tipo de aditivos está comprendida entre el 30 y 40 %, frente al 10 - 20 % que se obtiene con los aditivos convencionales.

El mecanismo de actuación de estos aditivos se basa en que las partículas de cemento, en contacto con el agua, tienden a agruparse por atracción electrostática (flocularse). En su presencia, el cemento se dispersa en finas partículas, lo cual permite aumentar la fluidez del hormigón sin incrementar la cantidad de agua, lo que favorece la formación de una estructura cristalina más compacta al no perjudicar la relación a/c, además de facilitar la hidratación del cemento al desflocularlo.

Las ventajas de su utilización en el hormigón, se resumen a continuación:

- Gran poder reductor de agua y, por tanto, de la relación a/c.
- Disminución de la porosidad y de la permeabilidad.
- Aumento de la fluidez, densidad, compacidad y resistencias mecánicas.
- Mejora de la durabilidad del hormigón y de los acabados superficiales.

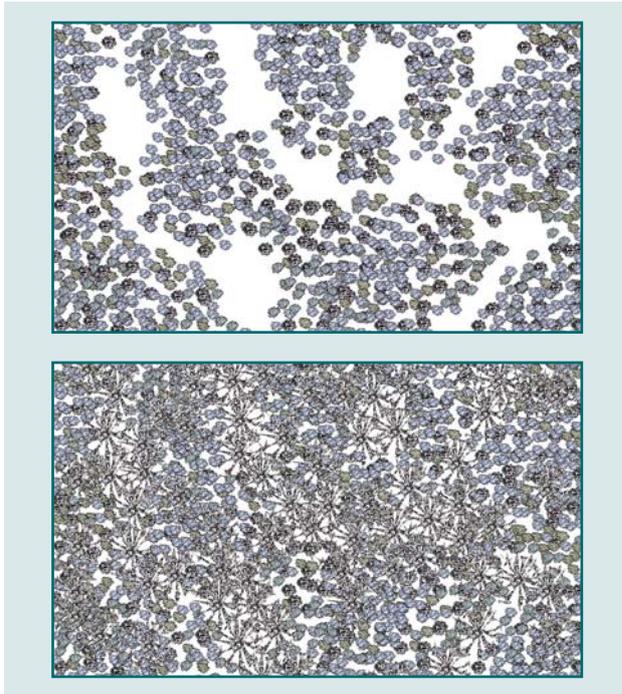




REPORTAJES

Micro y nanosilíce

La microsílíce (y nanosílíce) es un subproducto que se origina en la reducción de cuarzo de elevada pureza con carbón en hornos eléctricos de arco para la producción de silicio y ferrosilicio.



➤ *Representación esquemática del efecto de la adición de micro-nanosilíce sobre el hormigón.*

Aditivos como los de la gama MEYCO® MS son compuestos de micro ó nanosílíce amorfa de alta pureza con un elevado poder puzolánico. Las puzolanas son compuestos silíceos o silicoaluminosos con pequeñas o nulas propiedades cementantes. Sin embargo, cuando están finamente divididas y en presencia de humedad, reaccionan químicamente con el hidróxido cálcico soluble, generado durante el proceso de hidratación del cemento Portland, formando compuestos (silicatos hidratados) que poseen propiedades cementantes y que incrementan la compacidad y resistencia mecánica del hormigón al rellenar los huecos de los poros capilares y de gel. A su vez, el empleo de puzolanas produce efectos en el hormigón fresco; reduciendo la porosidad, la permeabilidad, la tendencia a la exudación y también reduce el riesgo de segregación, al tiempo que se produce un aumento de la compacidad y una mejora en la trabajabilidad y en la bombeabilidad.

La durabilidad se ve incrementada por la reducción de los canales de difusión del agua a través del hormigón y el aumento en la densidad

del hormigón, mejorando la resistencia a los ataques químicos y la protección del acero. Asimismo, se fija el hidróxido cálcico existente en la pasta de cemento optimizando la resistencia química del hormigón frente a los ataques por carbonatación, ácidos y sulfatos, así como las reacciones árido-álcali y otro tipo de ataques físicos.

En la Tabla 3 se muestran los resultados obtenidos en una dosificación que con la adición de un 2 % de MEYCO® MS 685 permite que la fórmula de trabajo mejore los requerimientos de permeabilidad.

➤ **Tabla 3.**

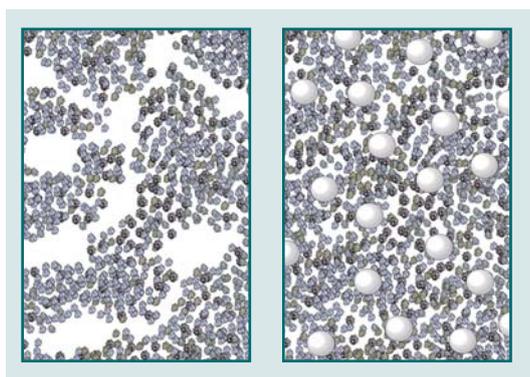
DOSIFICACIÓN					
CEMENTO III/A 42,5 N/SR		350	350	380	380
ARENA CALIZA 0/4		1140	1045	1122	1029
GRAVA CALIZA 12/20		760	855	748	841
GLENIUM 0,9 % spc	kg	3,15	3,2	3,4	3,4
MEYCO MS 685 2 % spc	kg	-	7	-	7,6
AGUA TOTAL		162	147	161	156
Relación a/c		0,463	0,420	0,424	0,411
CARACTERÍSTICAS					
Consistencia Abrams inicial	cm	11	10,5	11	12
RESISTENCIAS MECÁNICAS A COMPRESIÓN (N/mm²) PROBETAS CILÍNDRICAS					
A 3 días		21,8	24,3	23,1	26,8
A 7 días		35,2	37,1	36,3	39,6
A 28 días		43,5	45,5	45,6	47,8
PROFUNDIDAD DE PENETRACIÓN DE AGUA BAJO PRESIÓN: UNE-EN 12390-8					
Penetración máx. (mm)		43	15	35	15
Penetración mín. (mm)		25	10	20	10
Penetración media (mm)		34	13	28	13

Impermeabilizante

La aplicación de un aditivo líquido impermeabilizante de alto rango diseñado para la consecución de hormigones de baja permeabilidad-alta durabilidad, como el aditivo MELCRET® HI de BASF CC, produce dos efectos. El primero de ellos es que actúa como un

superplastificante/reductor de agua de rango medio. El segundo, consiste en una redistribución y reordenación del aire contenido en el hormigón en forma de micro burbujas no interconectadas entre sí, interrumpiendo de esta forma la red capilar, lo que incrementa las propiedades impermeabilizantes del hormigón sin que resulten afectadas sus resistencias mecánicas o su densidad, tal y como ocurre cuando se utilizan aditivos oclusores de aire.

El efecto impermeabilizante depende de la dosificación empleada, siendo tanto más acusado cuanto mayor sea la dosificación en el rango definido (hasta 2,5 % sobre el peso de cemento). A diferencia de la mayoría de los aditivos impermeabilizantes basados en otras materias primas, MEL-CRET® HI permite su dosificación en porcentajes elevados, aumentando así la impermeabilidad del hormigón.



➔ Representación esquemática del efecto de la adición de un impermeabilizante.

Inhibidor de la corrosión

Tal y como se indica en el artículo 37.2.7 "Medidas especiales de protección" de la EHE-08, en casos especiales de agresividad, cuando las medidas normales de protección no se consideran suficientes, se puede recurrir a la disposición de sistemas adicionales de protección como los *aditivos inhibidores de corrosión*.

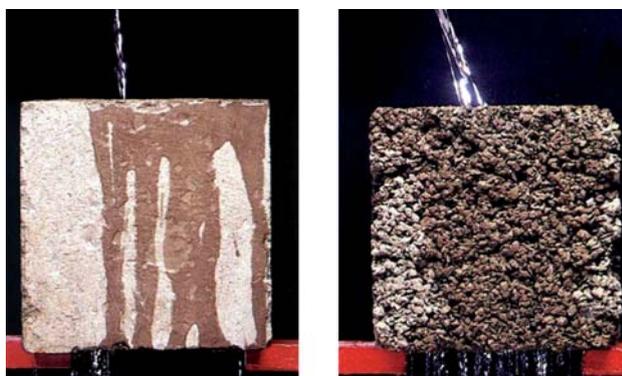
BASF CC fabrica un aditivo inhibidor de la corrosión para hormigón armado, RHEOCRETE® 222+, efectivo con cualquier tipo de cemento y ambiente, incluso ante la presencia de microfisuras, que prolonga el tiempo de servicio de las estructuras. Reduce la difusión de cloruros y oxígeno a tra-

vés de hormigón, a la vez que forma una película protectora alrededor de la armadura que disminuye o evita la llegada de cloruros y oxígeno hasta el elemento metálico, sin reducir la adherencia hormigón-acero.

Basado en compuestos orgánicos, el principio activo del producto actúa como un agente antioxidante, de tal modo que la efectividad oxidante del oxígeno para provocar la corrosión del acero se ve interferido por la acción de dicho aditivo. El mecanismo de actuación es el siguiente:

- Genera un recubrimiento químico alrededor de la armadura, sin reducir la adherencia, que actúa como película protectora ante la llegada del oxígeno al acero, que provocaría su corrosión.
- Reduce la difusión interna de los cloruros (siempre difundándose en un medio acuoso) y del CO₂ (en este caso vehículo gaseoso).

De este modo, se evita la corrosión mediante un proceso de migración y orientación del principio activo del aditivo. Su efecto se extiende por toda la masa de hormigón gracias a la capacidad que presenta el aditivo para orientarse debido a la diferente polaridad de los extremos de su molécula. Las moléculas que migran hacia la armadura se disponen a su alrededor evitando el contacto de los cloruros y el oxígeno con las armaduras. Se produce la formación de quelatos metal-aditivo que, debido a una disposición específica de la molécula orgánica, repelen el agua y la humedad impidiendo el acceso de los cloruros a la armadura.



La fracción de aditivo que migra a la superficie forma sales de calcio que orientan la parte hidro-repelente hacia el exterior, dificultando la entrada de agua y sus agentes agresivos.



REPORTAJES

Gracias al empleo de aditivos inhibidores se incrementa la durabilidad del hormigón especialmente donde existe presencia constante de cloruros en el ambiente, por ejemplo en las zonas costeras. Es importante recalcar que la acción de los cloruros es independiente del pH del hormigón como de la posible carbonatación del mismo.

Adicionalmente, no debemos olvidar el resto de recomendaciones de diseño y puesta en obra recomendados.

RECOMENDACIONES PARA LA PUESTA EN OBRA DE HORMIGÓN DE BAJA PERMEABILIDAD-ALTA DURABILIDAD

La puesta en obra es vital en la confección del hormigón de baja permeabilidad-alta durabilidad. Una correcta dosificación resulta inútil ante una mala puesta en obra, ya que las propiedades impermeables dependen estrechamente de la compacidad, por ello es imprescindible seguir las indicaciones del artículo 71 de la EHE-08.

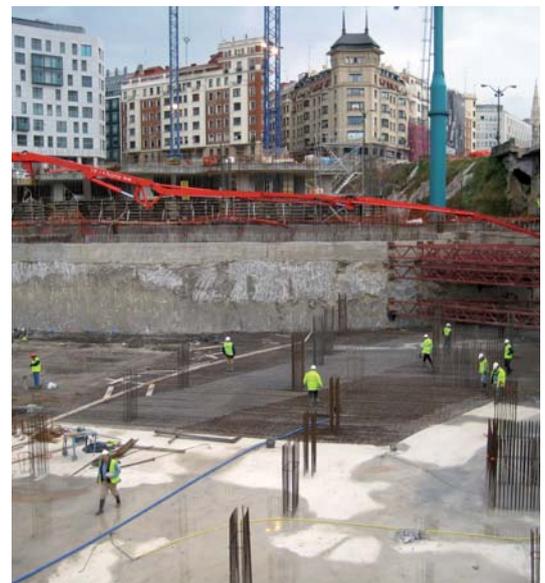
En ningún caso se aceptarán en obra masas con indicios de fraguado. Un buen proceso de colocación del hormigón debe evitar que se produzca una pérdida de homogeneidad y conseguir que la masa llene perfectamente todas las esquinas y rincones del encofrado y recubra bien las armaduras en toda su superficie.

Antes de proceder al **vertido** del hormigón debe comprobarse que el sistema de encofrados es capaz de resistir las presiones que se originen, así como prever las juntas de hormigonado dejando esperas embebidas si fuese necesario. El sistema de puesta en obra más sencillo consiste en verter el hormigón desde el dispositivo de transporte (cuba, cubilote, etc.) hasta el encofrado, molde o lugar donde se haya de colocar. Se deben tomar las medidas adecuadas para evitar la caída libre del hormigón desde una altura superior a los dos metros, a fin de impedir que se rompa la homogeneidad de la mezcla al caer más rápidamente el árido grueso que el resto de los componentes y evitar daños a los encofrados.

No se deben colocar en obra capas o tongadas de hormigón cuyo espesor sea superior al que permita una compactación completa de la masa. Como regla general, este espesor estará comprendido entre

30-60 cm, en función de los métodos de compactación y forma del encofrado. El vertido de grandes montones y su posterior distribución por medio de vibradores no es recomendable, ya que produce una notable disgregación de la masa. También se debe tener especial cuidado en evitar el desplazamiento de las armaduras durante la puesta en obra, manteniendo el recubrimiento mínimo establecido para cada caso particular. En ningún caso se debe añadir agua al hormigón para la recuperación o el mantenimiento de la consistencia, ya que la adición de agua tiene como consecuencia una disminución de las resistencias, un aumento de la fisuración y de la permeabilidad.

La **compactación** del hormigón tiene por objeto conseguir la máxima homogeneidad en la distribución de los componentes del hormigón, así como la máxima compacidad posible, ya que de ello depende la resistencia del hormigón, su permeabilidad, así como su durabilidad y capacidad de protección contra la corrosión de las armaduras. El método de compactación a seguir será en función de la consistencia debiéndose adaptar en lo posible a las condiciones particulares de cada caso, considerando, por ejemplo, el tipo de elemento estructural. En el caso de vibradores de molde o encofrado deberá verificarse que el tipo de vibración de éstos sea la adecuada.



El **curado** es el conjunto de operaciones necesarias para evitar la evaporación o la pérdida de agua de amasado del hormigón. Éste se debe desarrollar manteniendo húmedas las superficies de los elementos hormigonados desde el primer momento de su colocación. Un mal curado puede originar fisuración, con el correspondiente aumento de la permeabilidad de la estructura, mientras que un buen curado proporciona al hormigón una mejor resistencia superficial y mejor aspecto. Una losa de hormigón que se ha secado demasiado rápido presenta una superficie con una resistencia a la abrasión hasta cinco veces menor. Un curado adecuado reduce el riesgo de fisuración, la formación de polvo y el desescamado de la superficie.

El tiempo de curado de los hormigones depende del grado de humedad y temperatura ambiente, presencia de viento, insolación y tipo de cemento utilizado. La Instrucción EHE-08 en su artículo 71.6 facilita una fórmula que permite determinar la duración mínima de curado en función de los parámetros citados. En cualquier caso, las condiciones más críticas de curado que precisan mayores períodos aparecen en ambientes calurosos o fríos con vientos fuertes, secos y cementos con adición de puzolanas. Por otra parte, los agentes de curado tienen un efecto retenedor del agua debido a la formación de membranas que reducen la evaporación del agua durante el proceso de fraguado y mejoran la hidratación del cemento, evitando problemas derivados de la pérdida prematura del agua y los fenómenos de retracción derivados.

Por último, y una vez que el hormigón ha alcanzado la resistencia necesaria para soportar con seguridad y sin deformaciones los esfuerzos a los que se verá sometido, puede procederse a las operaciones de **desencofrado** y **desmoldeo** evitando que se produzcan sacudidas y choques con la estructura.

CONCLUSIONES

Una adecuada estrategia de sostenibilidad de las estructuras de hormigón pasa por conseguir una

adecuada durabilidad de las mismas a lo largo de su vida útil, reduciendo sus costes de conservación y manteniéndola en adecuadas condiciones de servicio. Para ello, una de las medidas más eficaces y eficientes es el empleo de hormigones de baja permeabilidad-alta durabilidad, con los que se obtiene una adecuada protección de las armaduras contra la corrosión, y una excelente resistencia del hormigón ante el ataque de agentes agresivos externos.

Para obtener este tipo de hormigones existe una amplia gama de aditivos de BASF CC especialmente diseñados para este fin: aditivos superplastificantes-reductores de agua de última generación, que permiten el empleo de reducidas relaciones a/c, como los de la gama GLENIUM®. Micro o nanosílice que aumentan la compacidad del hormigón y disminuyen extraordinariamente la porosidad de éste, como es el caso de los aditivos de la gama MEYCO® MS. En cuanto a los impermeabilizantes, como el MELCRET® HI, redistribuyen el aire existente en el interior del hormigón interrumpiendo la red capilar sin que resulten afectadas las resistencias mecánicas o la densidad.

Pero no solamente la formulación de un hormigón es importante a los efectos de conseguir los objetivos perseguidos, sino también las condiciones de puesta en obra de los mismos. Obtener la máxima compacidad, homogeneidad y continuidad en los elementos de hormigón armado es un factor fundamental.

La mejora de la puesta en obra se puede obtener también con el empleo de HAC, que facilita la puesta en obra del hormigón. No deben olvidarse las soluciones que protejan las armaduras de la corrosión como el RHEOCRETE® 222 + o que faciliten la retirada de los encofrados sin dañar al hormigón ni al medio ambiente, como el desencofrante RHEOFINISH® 211.

Alargar el periodo de vida útil de lo que se construye está directamente relacionado con el diseño de una estrategia de durabilidad eficaz en el proyecto, para lo que conseguir la máxima impermeabilidad en el hormigón redundará en paliar la mayoría de los ataques que sufre el mismo. La EHE ha establecido los parámetros para ello y se disponen de conocimientos y soluciones para conseguirlo de un modo eficiente. ■



PRECER[®]

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, S.A. (EMESA)

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

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

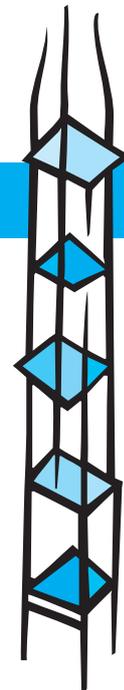
Trenzas y Cables de Acero PSC, S.L. (TYCSA)



Calidad Siderúrgica

PLAN NACIONAL INTEGRADO DE RESIDUOS

Julio Vaquero – Instituto para la Promoción de Armaduras Certificadas (IPAC).



El Consejo de Ministros aprobó, en su reunión del día 26 de diciembre de 2008, el Plan Nacional Integrado de Residuos para el periodo 2008-2015. Con un marcado carácter estratégico, este Plan tiene como objetivo servir de guía para el desarrollo de políticas específicas que mejoren la gestión de los residuos, disminuyan su generación e impulsen su correcto tratamiento en coordinación con las Comunidades Autónomas y los Entes Locales.

El PNIR establece objetivos específicos de reducción, reutilización, reciclado, valorización y eliminación de los residuos domésticos, de aquellos que disponen de una legislación específica (vehículos y neumáticos fuera de uso, residuos peligrosos, pilas y acumuladores, aparatos eléctricos y electrónicos, residuos de construcción y demolición, y lodos de depuradoras), de suelos contaminados y de algunos residuos agrarios e industriales no peligrosos. Además, incorpora una estrategia para la reducción del vertido de residuos biodegradables con el fin de disminuir su impacto sobre el entorno y contribuir a la reducción de gases de efecto invernadero.

En el caso concreto de los residuos de construcción y demolición se ha establecido, entre otros objetivos, aumentar el porcentaje de reciclado y valorización de los mismos hasta un 55 % y eliminar todos los vertederos incontrolados existentes en estos momentos.

El Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino se articula como el agente coordinador de las diversas

políticas y actuaciones que se lleven a cabo durante la duración de este Plan, disponiendo de una vía de financiación específica para ello.

"Con la gestión adecuada, los residuos se convierten en recursos que ahorran gasto en materias primas"

INTRODUCCIÓN

El Plan Nacional Integral de Residuos (PNIR) 2008-2015 se elabora en cumplimiento de lo dispuesto en el artículo 5.1 de la Ley 10/1998, de 21 de abril, de residuos, que otorga la potestad de la Administración General del Estado para la redacción de planes que integren los elaborados por las Comunidades Autónomas para los residuos, estableciendo las medidas a adoptar para conseguir los objetivos específicos de reducción, reutilización, reciclado, valorización y eliminación de los mismos, los medios de financiación y el procedimiento de revisión.

El primer borrador se elaboró en el primer semestre del año 2006 y se sometió al análisis de las Comunidades Autónomas, cuyos comentarios fueron recogidos en un documento revisado que, en febrero de 2007, se presentó en la Conferencia Sectorial de Medio Ambiente y se publicó en la página web del Ministerio de Medio Ambiente, dando así cumplimiento al trámite de información pública. Finalizada ésta, se elaboró un nuevo texto que fué finalmente consensuado con todas las Comunidades Autónomas en octubre de 2008.



SOSTENIBILIDAD

El Plan incluye entre sus objetivos el tratamiento de los residuos domésticos y similares (urbanos de origen domiciliario), los residuos con legislación específica (peligrosos, vehículos y neumáticos fuera de uso, pilas y acumuladores, aparatos eléctricos y electrónicos, residuos de construcción y demolición, y lodos de depuradoras), suelos contaminados y residuos agrarios e industriales no peligrosos. También contempla la reducción de vertidos de residuos biodegradables.

La finalidad del Plan es promover una política adecuada en la gestión de los residuos, impulsar la creación de infraestructuras en lugares próximos a su generación que garanticen un tratamiento correcto e implicar a todas las Administraciones Públicas, consumidores y usuarios para que asuman sus respectivas cuotas de responsabilidad.

Cada dos años los objetivos de este Plan serán revisados conforme a las directrices establecidas por la Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo, de 19 de noviembre, sobre residuos. En el caso de los objetivos de valorización energética de los residuos su revisión se efectuará en concordancia con la futura Ley de eficiencia energética y energías renovables, y con el Plan de energías renovables.

Las actuaciones y medidas previstas en el PNIR serán financiadas por las Administraciones competentes existiendo, dentro de la Administración General del Estado, una dotación presupuestaria de 23 millones de euros en el presupuesto del Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino, que se destinará a pro-



mover actuaciones de interés general para el adecuado desarrollo de la política de gestión de residuos.

"Los proyectos de obra deben incluir un estudio de gestión de los RCD"

DESCRIPCIÓN GENERAL

Las sociedades modernas generan residuos cuya cantidad se incrementa de forma paralela a su crecimiento económico. La forma en la que éstos se gestionan tiene un efecto directo sobre el medio ambiente. Una gestión inadecuada de los recursos puede producir notables impactos sobre los medios receptores pudiendo ocasionar la contaminación de las aguas, el suelo y/o el aire, contribuir al cambio climático a través de la generación de gases de efecto invernadero y afectar a los ecosistemas y a la salud humana. Sin embargo, cuando los residuos se gestionan de forma adecuada pueden llegar a convertirse en recursos que contribuyen al ahorro de materias primas, a la conservación de los recursos naturales, del clima y al desarrollo sostenible.

Las normas comunitarias relativas a la gestión y transporte de los residuos se han ido incorporando en los últimos años al derecho interno español, habiéndose desarrollado Planes Nacionales específicos para ello, con los que se ha conseguido una mayor sensibilización de las administraciones, los sectores económicos y la sociedad en general; se han incrementado las infraestructuras para el tratamiento de los residuos, aunque no en todos los casos con el rendimiento esperado y se ha consolidado un sector empresarial especializado en la gestión de los residuos.

Sin embargo, todavía un elevado porcentaje de los residuos que se generan en España van a vertedero. Por otra parte, los Planes Nacionales han finalizado en su mayoría, aunque existe un déficit de información y de estadísticas que dificulta el conocimiento de la situa-

ción en cuanto a infraestructuras, gestiones, tratamiento y destino de los residuos, lo que dificulta el establecimiento de objetivos realistas para mejorar su gestión.

Es por ello que se ha considerado imprescindible la puesta en marcha de un nuevo Plan para los próximos años en el que se han fijado los siguientes objetivos generales:

- Modificar la tendencia actual del crecimiento de la generación de residuos.
- Erradicar el vertido ilegal.
- Disminuir el vertido y fomentar de forma eficaz: la prevención y la reutilización, el reciclado de la fracción reciclable, así como otras formas de valorización de la fracción de residuos no reciclable.
- Completar las infraestructuras de tratamiento y mejorar el funcionamiento de las instalaciones existentes.
- Obtener estadísticas fiables en materia de infraestructuras, empresas gestoras y producción y gestión de residuos.
- Evaluar los instrumentos económicos y en particular los fiscales que se han puesto en práctica para promover cambios en los sistemas de gestión existentes.
- Identificar la conveniencia de su implantación de forma armonizada en todas las Comunidades Autónomas.
- Consolidar los programas de I+D+i aplicados a los diferentes aspectos de la gestión de los residuos, incluyendo análisis de la eficiencia de los sistemas de recogida, optimización de los tratamientos y evaluación integrada de los procesos completos de gestión, desde la generación hasta la eliminación.
- Reducir la contribución de los residuos al Cambio Climático fomentando la aplicación de las medidas de mayor potencial de reducción.

Tabla 1.- Legislación nacional aplicable en materia de residuos.

Tipo de residuos	Legislación aplicable
Residuos urbanos de origen domiciliario	<ul style="list-style-type: none"> • Ley 10/1998, de 21 de abril, de residuos. • Ley 11/1997, de 24 de abril, de envases y residuos de envases. • Real Decreto 782/1998, de 30 de abril, por el que se aprueba el Reglamento para el desarrollo y ejecución de la Ley 11/1997, de 24 de abril, de envases y residuos de envases. • Real Decreto 653/2003, de 30 de mayo, sobre incineración de residuos. • Real Decreto 1481/2001, de 27 de diciembre, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero. • Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrado de la contaminación.
Residuos peligrosos	<ul style="list-style-type: none"> • Real Decreto 833/1988, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento para la ejecución de la Ley 20/1986, básica de residuos tóxicos y peligrosos. • Real Decreto 952/1997, de 20 de junio, por el que se modifica el Reglamento para la ejecución de la Ley 20/1986, de 14 de mayo, básica de residuos tóxicos y peligrosos, aprobado mediante Real Decreto 833/1988, de 20 de julio. • Orden MAM/304/2002, por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos, y la LER. • Real Decreto 679/2006, de 2 de junio, por el que se regula la gestión de los aceites industriales usados.
Vehículos fuera de uso	<ul style="list-style-type: none"> • Real Decreto 1383/2002, de 20 de diciembre, sobre la gestión de vehículos al final de su vida útil. • Orden INT/249/2004, de 5 de febrero, por la que se regula la baja definitiva de vehículos descontaminados al final de su vida útil. • Orden INT/264/2008, de 26 de febrero, por la que se regula la baja electrónica de los vehículos descontaminados al final de su vida útil.



SOSTENIBILIDAD

➔ **Tabla 1.-** Legislación nacional aplicable en materia de residuos (continuación).

Tipo de residuos	Legislación aplicable
Neumáticos fuera de uso	<ul style="list-style-type: none">• Real Decreto 1619/2005, de 30 de diciembre, sobre gestión de neumáticos fuera de uso.
Pilas y acumuladores	<ul style="list-style-type: none">• Real Decreto 106/2008, de 1 de febrero, sobre pilas acumuladores y la gestión ambiental de sus residuos.
Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos	<ul style="list-style-type: none">• Real Decreto 208/2005, de 25 de febrero, sobre aparatos eléctricos y electrónicos y la gestión de sus residuos.
PCB, PCT y aparatos que los contienen	<ul style="list-style-type: none">• Real Decreto 1378/1999, de 27 de agosto, por el que se establecen medidas para la eliminación y gestión de los policlorobifenilos, policloroterfenilos y aparatos que los contengan.• Real Decreto 228/2006, de 24 de febrero, por el que se modifica el RD 1378/1999, de 27 de agosto, por el que se establecen las medidas para la eliminación y gestión de los PCB's, PCT's y aparatos que los contengan.
Residuos de construcción y demolición	<ul style="list-style-type: none">• Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición (RCD).
Lodos de depuradoras de aguas residuales urbanas	<ul style="list-style-type: none">• Real Decreto 1310/1990, de 29 de octubre, por el que se regula la utilización de los lodos de depuración en el sector agrario.• Orden de, 26 de octubre de 1993, sobre utilización de los lodos de depuradora en agricultura.• Real Decreto 824/2005, de 8 de julio, sobre productos fertilizantes.
Suelos contaminados	<ul style="list-style-type: none">• Ley 10/98, de 21 de abril, de residuos (artículos 27 y 28).• Real Decreto 9/2005, de 14 de enero, por el que se establece la relación de actividades potencialmente contaminantes del suelo y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados.• Ley 26/2007, de 23 de octubre, de responsabilidad medioambiental.• Directiva 2006/118/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de diciembre de 2006, relativa a la protección de las aguas subterráneas contra la contaminación y el deterioro.
Residuos de industrias extractivas	<ul style="list-style-type: none">• Real Decreto 2994/82, de 15 de octubre, sobre la restauración del espacio natural afectado por actividades mineras.• Real Decreto 863/1985, de 2 de abril por el que se aprueba el Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera.• Orden, de 26 de abril de 2000, por la que aprueba la Instrucción Técnica Complementaria (ITC).• Directiva 2006/21/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de marzo de 2006, sobre la gestión de los residuos de industrias extractivas.

RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN

El Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, constituye la pieza fundamental de la política española en materia de residuos de construcción y demolición (RCD)*, aplicando el principio de responsabilidad del productor y de todos los agentes que intervienen en la cadena de producción y gestión de éstos.

Sin embargo, el Real Decreto 105/2008 no establece ningún objetivo cuantitativo referente a la prevención, reciclado o vertido de los RCD, aunque sí existe a nivel comunitario.

* Ver artículo "Los residuos de construcción y demolición" publicado en el nº 16 de la revista Zuncho (junio 2008).

El 17 de junio de 2008 el Parlamento Europeo aprobó un dictamen en segunda lectura de la propuesta de modificación de la Directiva Marco de Residuos, que supone un acuerdo con el Consejo de la UE, estableciendo una serie de objetivos sobre reciclado de determinados flujos de residuos, entre ellos los RCD.

En el texto acordado, se exige que los Estados miembros adopten las medidas necesarias para garantizar que, antes de 2020, el 70 % en peso de los residuos no peligrosos procedentes de la construcción y demolición (con exclusión de materiales naturales definidos

en la categoría 17 05 04 del LER, es decir, tierra y piedras que no contengan sustancias peligrosas) sean destinados a operaciones de reutilización, reciclado y otras operaciones de valorización de materiales, incluidas las operaciones de relleno que utilicen residuos para sustituir otros materiales.

La carencia de estadísticas fiables ha hecho imposible que se pueda determinar una cifra exacta de producción anual de RCD en España. No obstante, se estima que el ritmo de crecimiento de éstos ha sido del 8,7 % anual en el periodo 2001-2006, invirtiéndose la tendencia incluso con tasas de crecimiento negativas a partir de 2008 como consecuencia del descenso en la actividad constructora especialmente acusada en obras de edificación residencial.

Aunque es aventurado poder dar cifras concretas, el PNIR ha establecido como cifra provisional de produc-

ción de RCD en el horizonte del Plan de 40 millones de toneladas anuales distribuidas de acuerdo con lo indicado en la Tabla 2.

"Se impulsa la creación de infraestructuras para el tratamiento de residuos en lugares próximos a su generación"

Un elevado porcentaje de estos RCD generados son objeto de vertido incontrolado y apenas un 8 % de los mismos son valorizados como árido reciclado. Uno de los factores que ha propiciado esta práctica ha sido el bajo precio de admisión de RCD en los vertederos autorizados, lo que ha dificultado una operación sostenible y rentable de las plantas de tratamiento, que experimentan dificultades para su funcionamiento agravadas en estos momentos por la considerable disminución de RCD generados.

Tabla 2.- Estimaciones de producción anual de RCD en el periodo 2008-2015 efectuadas por el PNIR.

Comunidad Autónoma	Población (miles de habitantes año 2005)	Producción anual de RCD (miles de toneladas)
Andalucía	7.850	8.000
Aragón	1.269	966
Asturias	1.077	800
Canarias	1.968	1.785
Cantabria	562	400
Castilla - La Mancha	1.895	1.520
Castilla y León	2.511	1.896
Cataluña	6.995	7.333
Extremadura	1.084	890
Galicia	2.762	2.500
I. Baleares	983	1000
Madrid	5.964	5.400
Murcia	1.336	1.211
Navarra	593	500
País Vasco	2.125	1.900
La Rioja	301	273
Valencia	4.692	4.400
Ceuta y Melilla	140	75
Total Nacional	44.107	40.849

Ante esta circunstancia y la exigencia comunitaria de que para el año 2020 no más del 30 % de los RCD puedan derivarse a vertedero, el PNIR se ha fijado una serie de objetivos:

- Impulsar la valorización de residuos inertes en la restauración de espacios degradados.
- Erradicar los vertederos de RCD ilegales, de manera que en julio de 2009 todos los vertederos operativos en España cumplan los requisitos establecidos para ellos en el RD 1481/2001.
- Desincentivar el vertido de RCD sin tratamiento mediante el aumento de los precios de vertido en vertederos legales, incrementando así la rentabilidad de las plantas de tratamiento de RCD y manteniendo su operativa en unas circunstancias en la que la generación de residuos ha experimentado una importante disminución.



SOSTENIBILIDAD

- Fomentar la demanda de productos procedentes del reciclado de RCD, en especial de áridos reciclados, desarrollando la normativa y reglamentación que faciliten su incorporación a los pliegos de prescripciones técnicas de las obras y su empleo por parte de las empresas constructoras.
- Evaluar y fomentar el cumplimiento del RD 105/2008, centrándose en la obligación de incluir en los proyectos de obra un estudio específico de gestión de los RCD.

Objetivos cuantitativos

Los objetivos cuantitativos fijados en el PNIR no han podido tener en cuenta las previsiones efectuadas por gran parte de las Comunidades Autónomas, al no existir ningún plan desarrollado por las mismas para este periodo. Este es el caso de Andalucía, Asturias, Canarias, Cataluña, Ceuta, Extremadura, Galicia, La Rioja, Melilla, Murcia, Navarra y Valencia. Por lo tanto, las cifras indicadas en la Tabla 2 son cifras aproximadas cuya consecución

Tabla 3.- Planes de RCD de las Comunidades Autónomas.

Comunidad Autónoma	Planes
Andalucía	Plan Director Territorial de Gestión de RU de Andalucía (1999-2008), aprobado por Decreto 218/1999, de 26 de octubre. Apartado 9.3.3.
Aragón	Plan de Gestión Integral de los Residuos de Aragón G.I.R.A. (2005-2008), aprobado por Acuerdo, de 11 de enero de 2005, del Gobierno de Aragón.
Asturias	Plan Básico de Gestión de Residuos en Asturias, 2001-2010 (aprobado por el Consejo de Gobierno, de 14 de junio de 2001). Apartado 2.2.4.
Canarias	
Cantabria	
Castilla-La Mancha	Plan de Castilla-La Mancha de Gestión de Residuos de Construcción y Demolición (2006-2015) aprobado por Decreto 189/2005, de 13 de diciembre.
Castilla y León	Plan Regional de Ámbito Sectorial de Residuos de Construcción y Demolición de Castilla y León (2008-2010), aprobado por Decreto 54/2008, de 17 de julio.
Cataluña	Programa de Gestión de Residuos de la Construcción de Cataluña (PROGROC 2007-2012) ⁽¹⁾ .
Extremadura	
Galicia	Programa de Gestión de RCD 2005-2007 (Resolución de 17 de junio de 2005).
I. Baleares	Plan Director Sectorial para la Gestión de los RCD, voluminosos y NFU de la isla de Mallorca (aprobado el 8-4-2002) Aprobado por el Consell Insular de Mallorca el 22 de abril de 2002 (BOIB nº 59, de 16/05/2002), corregido por el Consell de Mallorca el 29 de julio de 2002 (BOIB nº 96, de 10/08/2002) ⁽²⁾ .
Madrid	Plan Regional de Residuos de Construcción y Demolición (2006-2016) integrado dentro de la Estrategia de Residuos de la Comunidad de Madrid aprobada por Acuerdo, de 18 de octubre de 2007, del Consejo de Gobierno.
Murcia	
Navarra	
País Vasco	
La Rioja	Plan Director de Residuos de La Rioja 2007-2015, aprobado por Acuerdo de Consejo de Gobierno, de 7 de noviembre de 2008. Apartado 6.5.e.
Valencia	Plan Integral de Residuos de la Comunidad Valenciana (Decreto 317/1997, de 24 de diciembre, del Gobierno Valenciano (DOGV. 3160, de 13/01/98), modificado por el Decreto 32/1999, de 2 de marzo, del Gobierno Valenciano (DOGV nº 3449, de 08.03.99) ⁽³⁾ .
Ceuta y Melilla	

(1) Pendiente de aprobación.
(2) En el caso de las Islas Baleares los Consejos Insulares tienen transferida la competencia de planificación de los residuos no peligrosos (Ley 2/2001, del Gobierno Balear).
(3) El Plan Integral de Residuos (PIR 1997) de la Comunidad Valenciana proporciona un marco estratégico para la gestión integral y coordinada de los residuos y se implementa y mejora con el desarrollo de once Planes Zonales de Residuos que abarcan todo el territorio de la Comunidad Valenciana. El PIR y los Planes Zonales son de obligado cumplimiento tanto para las entidades públicas como para las entidades privadas. La fórmula asociativa elegida de forma mayoritaria para la ejecución de las previsiones contempladas en los Planes Zonales de Residuos es la de Consorcio, formado por los ayuntamientos de los municipios incluidos en el ámbito territorial del Plan Zonal, la Diputación Provincial correspondiente y la Conselleria de Territorio y Vivienda, que es quien se encarga de velar por el desarrollo de una red integrada de instalaciones suficientes y viables desde el punto de vista técnico y económico para la gestión de los residuos conforme a las previsiones del PIR y el respectivo Plan Zonal.

ción dependerá de los objetivos y políticas que se fijen en las distintas autonomías.

Tabla 4.- *Objetivos agregados para España del PNIR 2008-2015.*

	2010	2012	2015
Porcentaje de RCD reciclado	15	25	35
Porcentaje de RCD objeto de otras operaciones de valorización, incluido el relleno	10	15	20
Porcentaje máximo de RCD eliminado en vertedero controlado	75	60	45

Medidas para alcanzar los objetivos fijados

Para poder efectuar una evaluación del grado de cumplimiento en la producción y gestión de los RCD, se va a hacer obligatoria la exigencia de que los proyectos de obra incluyan un estudio de gestión de los RCD debiendo contener, al menos, las exigencias establecidas al respecto por el Real Decreto 105/2008.



Asimismo, se va a controlar y fomentar el cumplimiento de las obligaciones de separación en obra de los RCD por tipos de materiales y la utilización de residuos inertes en obras de restauración de espacios ambientalmente degradados, acondicionamiento o relleno.

Se va a proceder a la construcción de las infraestructuras necesarias para alcanzar los objetivos fijados de reciclado y valorización, al tiempo que se van a armonizar los requisitos exigidos en las distintas regiones españolas para la autorización de plantas de tratamiento de RCD.

Se van a elaborar planes de acción sobre vertederos ilegales para proceder a su cese de actividad y clausura, legalizando en casos excepcionales a aquellos que pudieran adaptarse a la legislación de residuos. Asimismo, se someterán a inspección los vertederos de RCD autorizados en funcionamiento para comprobar el grado de cumplimiento de la legislación aplicable, fomentando su adaptación y mejora tanto desde el punto de vista ambiental como del tratamiento previo al vertido.

La desincentivación al vertido se articulará a través de un sistema de tarifas de admisión de RCD en vertedero que penalice la falta de prevención y reciclaje e incentive a aquellos procedentes de operaciones de clasificación y tratamiento previo.

"Administraciones Públicas, productores y consumidores deben asumir sus respectivas cuotas de responsabilidad"

Tanto los departamentos de la Administración General del Estado como las demás Administraciones Públicas van a fomentar:

- La incorporación a los pliegos de prescripciones técnicas de las obras la utilización de materiales reciclados procedentes del tratamiento de RCD en sustitución de materiales naturales. En particular se modifican el Pliego General de Prescripciones Técnicas para Obras de Carreteras (PG-3) y la nueva Instrucción de



SOSTENIBILIDAD



Hormigón Estructural (EHE-08) con vistas a la incorporación de requisitos técnicos sobre el empleo de áridos procedentes del reciclado.

- Que los proyectos de obra tengan en cuenta las alternativas de diseño y construcción que generen menos residuos en la fase de construcción y de explotación, y que favorezcan un desmantelamiento ambientalmente correcto al final de su vida útil.
- La valoración en los procesos de adjudicación de aquellas ofertas que incluyan medidas sobre la prevención y reciclado de RCD, y la utilización de áridos y productos procedentes de la valorización de residuos.

Además de otras medidas relativas a los RCD procedentes de obras menores, se considera prioritario la inclusión de contenidos sobre gestión de RCD en las enseñanzas profesionales regladas, así como

en Jornadas y Cursos de formación dirigidos a los profesionales del sector de la construcción.

En todas estas medidas el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino tiene un papel destacado en coordinación con las Comunidades Autónomas, las Entidades Locales y diversos departamentos de la Administración General del Estado.

Financiación

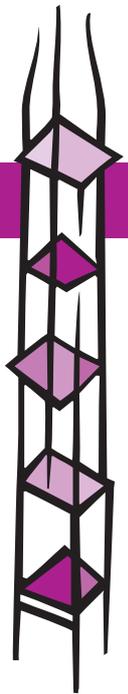
La financiación de las distintas actuaciones contempladas corresponde a las Comunidades Autónomas y a las Entidades Locales en el ámbito de sus competencias, así como a los diversos agentes económicos.

El Ministerio de Medio Ambiente tiene prevista una dotación presupuestaria anual para la promoción de actuaciones de interés general, de carácter innovador y que se consideren prioritarias para fomentar cambios en la gestión de recursos, como por ejemplo proyectos piloto para impulsar medidas de reciclado o actuaciones destinadas a erradicar el vertido ilegal, entre otras.

"El escaso coste del vertido de RCD ha propiciado su destino a vertederos"

La cantidad asciende a 23 millones de euros anuales para atender la problemática de los residuos domésticos, vehículos, neumáticos, pilas, aparatos eléctricos, RCD, lodos y depuradoras, suelos contaminados y determinados residuos agrícolas e industriales no peligrosos.

Dada esta escasa cantidad para atender todas las necesidades en el Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica (2008-2011) se contempla la existencia de líneas prioritarias de financiación de proyectos destinados a la mejora de la gestión de los residuos. ■



ANDECE, BIBM Y CEMBUREAU CREARÁN UN GLOSARIO EUROPEO DE SOSTENIBILIDAD

La Asociación Nacional de la Industria de Prefabricados de Hormigón (ANDECE), la Federación Europea del Prefabricado de Hormigón (BIBM) y la Asociación Europea del Cemento (CEMBUREAU) están desarrollando, en colaboración con el Consejo Europeo de Arquitectos (ACE), un glosario de términos y conceptos de sostenibilidad.

A través de esta iniciativa se pretende facilitar el entendimiento de términos y conceptos de sostenibilidad entre los técnicos de un modo práctico. "Era necesario poner de manifiesto que la sostenibilidad está presente hoy día en cualquier producto de construcción. No es algo exclusivo de los materiales reciclados", explicó el responsable del departamento de Sostenibilidad de ANDECE, Oscar Nieto. "Además, hay mucha terminología vinculada a las nuevas tecnologías y a las novedades que presenta el mercado que es preciso aclarar qué significan en su justa medida, eliminando la parte de marketing que puedan llevar aparejada algunos conceptos", añadió Nieto. "Sólo así la gente podrá conocer realmente en qué consisten".



El texto, además de incluir contenidos generales sobre sostenibilidad, permitirá a cada material constructivo desarrollar un apartado con terminología sobre sostenibilidad específica, por lo que será muy completo.

La patronal del prefabricado de hormigón considera que el glosario tendrá un importante valor como texto formativo para todos aquellos interesados en el tema.

Se prevé que los trabajos para la publicación del glosario finalicen a mediados de 2010.

TRANSPARENCIA ABSOLUTA EN EL REGISTRO ESTATAL DE EMISIONES Y FUENTES CONTAMINANTES PRTR-E 2007



➤ *La Secretaria de Estado de Cambio Climático, Teresa Ribera durante la presentación*

Los ciudadanos ya pueden consultar en detalle todos los datos del Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes (PRTR-España) del año 2007 a través de la página web (www.prtr-e.es). Con esta iniciativa, el Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino ha realizado un ejercicio de transparencia sin precedentes por el nivel de detalle de la información suministrada, cumpliendo con la normativa europea. Según la Directora General de Calidad y Evaluación Ambiental, M^a Jesús Rodríguez, a través de esta herramienta "los ciudadanos pueden ser conscientes de lo que, desde el punto de vista medioambiental, hacen las administraciones y las empresas".



NOTICIAS

En la jornada organizada para la presentación pública del funcionamiento de la página web, se demostró cómo la información es fácilmente accesible, pudiendo realizar consultas de tipo agregado y en detalle, así como acceder directamente a las emisiones y transferencias de residuos de cada complejo industrial, incluyendo aquellas que superan el límite permitido por la ley.

El sistema también permite comparar los datos de Comunidades Autónomas, consultar por sectores de actividad, por sustancias contaminantes, por tipo de emisión, etcétera. Además, se emplea un sistema de posicionamiento geográfico a través de Google Earth, donde se localizan cada una de las instalaciones PRTR con información pública.

Otro aspecto destacado es que se puede desagregar la información entre las instalaciones industriales afectadas por la Ley 16/2002, de 1 de julio, de Prevención y Control Integrados de la Contaminación (IPPC) y todos los complejos PRTR.

Por otra parte, la Directora General de Calidad y Evaluación Ambiental admitió que en el Ministerio no dan por finalizados los trabajos, "el PRTR debe seguir avanzando en temas como la información local". Esta línea de actuación, "es necesaria porque muchas decisiones ambientales se toman en el ámbito local", como las declaraciones de impacto ambiental de nuevas instalaciones, para las que se necesita disponer de toda la información ambiental posible, explicó Rodríguez.

Medio Ambiente prevé menos emisiones en 2008

Durante el acto de inauguración de la jornada, la Secretaria de Estado de Cambio Climático, Teresa Ribera declaró que los datos provisionales de emisiones apuntan que se va a producir "una reducción de emisiones en cifras muy significativas en el año 2008". Según Ribera, esta caída de emisiones "no se puede achacar sólo a la crisis económica", dado que la producción del sector eléctrico creció un 2 % y las emisiones del sector transporte lo hicieron "probablemente" en un 6 %. "No obstante", indicó, "hay que ver el resto de los sectores que emiten gases de efecto invernadero, fundamentalmente los asociados a producción industrial, donde sí es probable que se note una cierta afección asociada a la caída de la producción" motivada por la crisis económica.

EL FORO DE PAVIMENTOS DE HORMIGÓN APUESTA POR LA PROMOCIÓN DE ESTOS FIRMES DESDE LA FORMACIÓN Y LA INNOVACIÓN



El recientemente creado Foro de Pavimentos de Hormigón, ha comenzado sus trabajos con una reunión en la que sus miembros, entre los que figuran Aena, ANDECE, Anefhop, IECA, IPAC, Oficemen y las principales empresas constructoras, han querido apostar por la formación de los trabajadores y la innovación como fórmula para promover la construcción de este tipo de firmes.

Entre otras iniciativas planteadas, los miembros del Foro han considerado prioritario la creación de una escuela de formación para operarios, ya que la falta de construcción de estos pavimentos en los últimos 15 años ha provocado que no se disponga de la capacitación necesaria para su ejecución.

Por otra parte, desde el Foro se promocionará la puesta en marcha de proyectos de investigación sobre los pavimentos de hormigón, para ampliar el número de ventajas que ofrecen estos firmes frente al tradicional asfaltado.

La necesidad de informar a las Administraciones Públicas sobre las ventajas que ofrecen estos pavimentos ha sido también una referencia en la primera reunión del Foro. Su mayor durabilidad, sostenibilidad, reducido impacto ambiental y menor coste de mantenimiento respecto a otros pavimentos más habituales en nuestras carreteras, son sin duda un aliciente para la construcción de este tipo de firmes, por lo que debe ser puesto en conocimiento de las administraciones de nuestro país. ■

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
E-mail: buzon@arcer.es

AENOR



Producto
Certificado

FERRA PLUS

... mucho más que ferralla certificada



Empresas en posesión de la marca

Armacentro, S.L.
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.