

# zunchho

Nº 11 • MARZO 2007



**EN PORTADA**

***Ley de Subcontratación en el Sector de la Construcción***

**ESPECIAL**

***SISTEMAS DE PROTECCIÓN  
CONTRA LA CORROSIÓN (Parte I)***

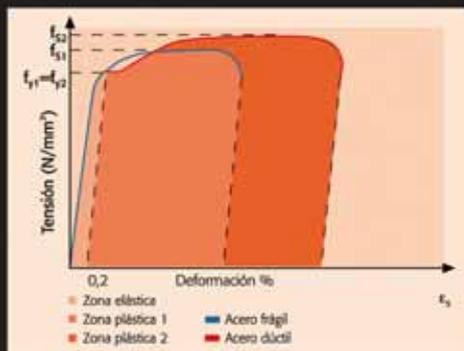
# ARCER

Armaduras para Hormigón

PRESTACIÓN

COMPROMISO

INNOVACIÓN



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 ductilidad es un puente sobre nuestra ignorancia" J. RUI-WAMBA*

*"La ductilidad es como la salud: se ignora su existencia...¡hasta que se pierde!" T. P. TASSIOS*

INSTITUTO PARA LA PROMOCIÓN DE ARMADURAS CERTIFICADAS (IPAC)

Orense, 58 – 10º D; 28020 MADRID  
Tel.: 91 556 76 98 ; Fax: 91 556 75 89  
E-mail: buzon@arcer.es

<http://www.arcer.es>

<http://www.ipac.es>

# Sumario

## 2 EDITORIAL

3



### EN PORTADA

· Ley de subcontratación en el sector de la construcción.

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

#### ASESORES:

Ignacio Cortés Moreira  
Antonio Garrido Hernández  
Enric Pérez Plá  
Valentín Trijueque y Gutiérrez de los Santos  
Luis Vega Catalán  
Juan Jesús Álvarez Andrés

#### 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.*

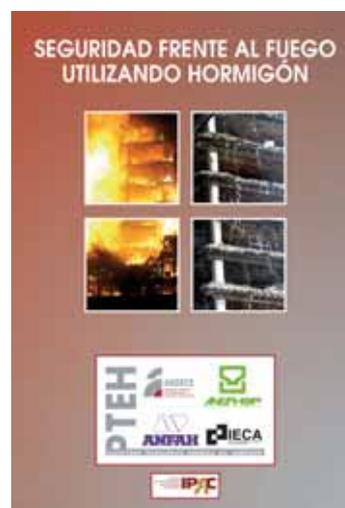
## 9 REPORTAJES

- Corrosión y protección de las estructuras de hormigón armado.
- Armaduras recubiertas con Epoxi.
- Sistemas de protección mediante el uso de inhibidores de corrosión migratorios.



## 28 NOTICIAS

- Mayores facilidades para que las empresas accedan a deducciones fiscales por actividades de I+D+i.
- Certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción.
- Seguridad frente al fuego utilizando hormigón.
- Nombramientos.





# Editorial

La corrosión de la armadura ha sido históricamente una de las principales causas de deterioro de las estructuras de hormigón. Las primeras medidas utilizadas consistieron en la mejora de las características del hormigón, que ofrecía un entorno alcalino que pasivaba las armaduras. De esta forma, fueron aumentándose progresivamente los contenidos mínimos de cemento, reduciendo las relaciones agua/cemento y aumentando los recubrimientos. En la década de los años ochenta comenzó el desarrollo de hormigones de altas prestaciones, con los que se pensaba que el problema quedaría finalmente resuelto, si bien las dificultades prácticas de su utilización han puesto de manifiesto que todavía queda un largo camino por recorrer.

Además, en los últimos años ha comenzado a cobrar una gran importancia la durabilidad de las estructuras, y la conciencia de que hay que garantizar una vida útil de las mismas.

Garantizar una vida útil de 50 a 100 años puede resultar un quebradero de cabeza en un futuro no muy lejano, sobre todo en zonas especialmente sensibles a procesos de corrosión de las armaduras.

La solución a este problema pasa por utilizar de forma adecuada la combinación de diversas medidas, tanto relativas a la ejecución, como a las características de los materiales, o a medidas de protección.

El recurso hasta ahora utilizado de aumentar contenidos de cemento o espesores de recubrimiento ha llegado a su límite técnico. No es conveniente superar contenidos de cemento por encima de  $400 \text{ kg/m}^3$  por los riesgos de fisuración que entrañan, ni espesores de recubrimiento por encima de 40 mm que harían necesario el empleo de mallas de reparto para evitar su desprendimiento, complicando extremadamente los procesos de ejecución de las estructuras.

Las condiciones de puesta en obra pueden cuidarse, con el objetivo de alcanzar una elevada compacidad del hormigón y un

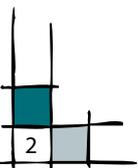
adecuado curado, pero están sujetas al factor humano y pueden fallar en un momento en el que estemos confiados.

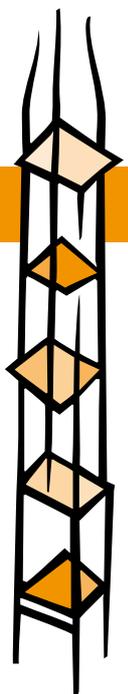
Ante esta situación, parece muy recomendable la toma en consideración de procesos y sistemas de protección contra la corrosión, que se apliquen directamente sobre las armaduras que van a ser objeto de este ataque, sumándose así a la protección que ofrece el hormigón que las rodea.

Para dar una visión global de las medidas que pueden utilizarse, de sus características más importantes, de sus posibles ventajas o inconvenientes, la revista Zuncho ha preparado un especial que dada su extensión ha tenido que dividirse en varias partes, en las que se describirán medidas como los recubrimientos con epoxi, la utilización de inhibidores de la corrosión migratorios, la galvanización de armaduras, la protección catódica, o el empleo de aceros inoxidables.

Pero además, nuestra revista ha querido dejar constancia de un tema de gran actualidad y relevancia para el sector de la construcción: la ley de subcontratación, cuya entrada en vigor se producirá el próximo 19 de abril. El objetivo principal de esta ley es reducir la siniestralidad laboral, cuyos índices alcanzaron cifras preocupantes durante el año 2006 y fueron objeto de denuncia por parte de las organizaciones sindicales. El incumplimiento generalizado de la normativa de prevención de riesgos laborales, la elevada rotación de trabajadores derivada del uso abusivo de la contratación temporal y de la subcontratación en cadena, la escasa formación y el excesivo número de inmigrantes, fueron algunas de las razones que se expusieron en su momento para justificar el elevado número de accidentes mortales acaecidos en este periodo.

Ha llegado la hora de comprobar si las nuevas medidas propuestas son capaces de atajar este problema, si bien su puesta en práctica efectiva se producirá dentro de algunos meses cuando las Comunidades Autónomas regulen el funcionamiento del Registro de Empresas Acreditadas, pivote fundamental para la puesta en marcha de esta ley. ■





# LEY DE SUBCONTRATACIÓN EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN

*El próximo 19 de abril entra en vigor esta ley cuyo objetivo principal es evitar las consecuencias negativas que los abusos en la cadena de la subcontratación tienen en el terreno laboral y de la prevención de riesgos.*

**E**l elevado nivel de siniestralidad registrado en el sector de la construcción en los últimos años, a pesar de la promulgación y puesta en práctica de la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales, y la constatación de que este sector está sometido a unos riesgos especiales y a una serie de circunstancias que imposibilita atribuir el origen de los accidentes a una única causa, son algunas de las razones que justifican la aprobación de la Ley 32/2006 de la Subcontratación en el Sector de la Construcción, de 18 de octubre, marcando un hito en la historia de nuestro ordenamiento jurídico.

La subcontratación es una práctica habitual en todos los sectores de la economía, siendo difícil encontrar un sector en el que no intervengan distintas empresas y profesionales en la misma actividad u obra. De hecho, la subcontratación tiene un efecto beneficioso para la actividad económica al permitir un mayor grado de especialización y cualificación de los trabajadores, un mayor conocimiento de los medios técnicos utilizados y, en definitiva, una mayor inversión en nueva tecnología, lo que redundará en una mayor eficacia y creación de empleo.

Sin embargo, los beneficios de este sistema pueden verse alterados e incluso invertidos cuando se produce un exceso en las cadenas de subcontratación, como es el caso del sector de la construcción. Comienzan a participar en

las actividades productivas empresas sin una estructura organizativa mínima capaz de garantizar aspectos fundamentales como la formación, protección de la salud y seguridad de los trabajadores. Por otro lado, el sucesivo encadenamiento de subcontrataciones —en numerosas ocasiones injustificado— va en detrimento de los márgenes empresariales hasta el punto de que en los eslabones finales de la cadena estos son prácticamente inexistentes, favoreciendo la proliferación de prácticas indeseables como el trabajo sumergido, el empleo de mano de obra barata y no cualificada, y la ausencia de los más básicos derechos de los trabajadores.

Son estas las razones principales por las que la Ley 32/2006 se aplica, exclusivamente, al sector de la construcción y concretamente a las actividades más susceptibles de ser objeto de estas malas prácticas, tratando

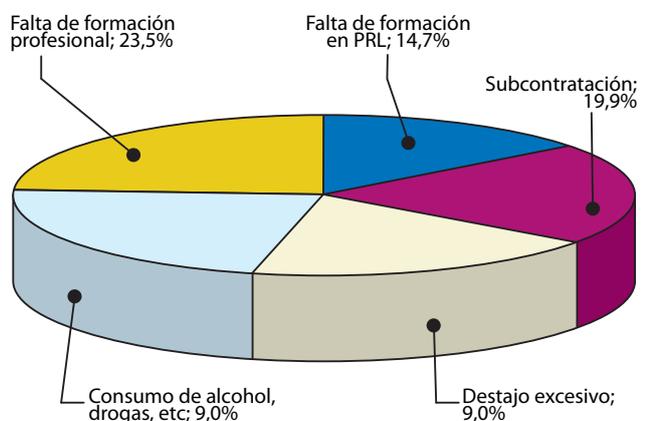


Figura 1.- Estimación de las causas principales de la siniestralidad en el sector de la construcción (Fuente: Fundación Laboral de la Construcción).



## EN PORTADA

con ello de mejorar al menos las condiciones de trabajo, de seguridad y de salud. En concreto estas actividades son las siguientes:

- trabajos de excavación y movimiento de tierras;
- construcción;
- montaje y desmontaje de elementos prefabricados;
- acondicionamiento e instalaciones;
- rehabilitación y reparación;
- desmantelamiento y derribo;
- mantenimiento y conservación;
- trabajos de pintura, limpieza y saneamiento.

Es evidente que la entrada en vigor de la Ley 32/2006, que tendrá lugar el próximo 19 de abril, afectará en mayor o menor medida a las actividades relacionadas con el acero corrugado para hormigón, especialmente en lo que se refiere a su transformación y montaje en los elementos estructurales, es decir, en la actividad de elaboración y montaje de ferralla. Por ello, se describen a continuación los aspectos más relevantes de esta ley.

## ESTRUCTURA DE LA LEY

La presente ley regula el régimen jurídico de la subcontratación estableciendo una serie de garantías y exigiendo una serie de responsabilidades, cuyo incumplimiento es objeto de sanciones previstas al efecto.

Para alcanzar estos objetivos la ley actúa en los siguientes ámbitos:

1. Exige el cumplimiento de determinadas condiciones para que las subcontrataciones, a partir del tercer nivel, respondan a causas objetivas.
2. Exige una serie de requisitos en relación a la acreditación de la formación en prevención de riesgos laborales de recursos humanos.

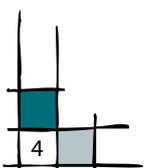
***“El sucesivo encadenamiento de subcontrataciones favorece la proliferación de prácticas indeseables”***

3. Introduce un sistema documental en la obra que facilita la transparencia de las operaciones realizadas y refuerza los mecanismos de participación de los trabajadores de las distintas empresas que intervienen en la obra.
4. Introduce las modificaciones necesarias en el Texto Refundido de la Ley de Infracciones y Sanciones en el Orden Social, aprobado por Real Decreto Legislativo 5/2000, estableciendo así una tipificación adecuada de las infracciones administrativas que puedan derivarse de la deficiente aplicación de esta ley.

## Requisitos que han de cumplir los contratistas y subcontratistas

Para poder intervenir en el sector de la construcción como contratista o subcontratista es preciso:

- Contar con una organización productiva propia y con los medios materiales y humanos necesarios para poder llevar a cabo la actividad contratada.
- Asumir los riesgos, obligaciones y responsabilidades propias del desarrollo de la actividad constructiva.
- Ejercer de forma directa las facultades de organización y dirección del trabajo desarrollado por sus trabajadores en la obra, y en el caso de los trabajadores autónomos —que también pueden actuar como contratistas o subcontratistas si tienen trabajadores a su cargo— ejecutar el trabajo con autonomía y responsabilidad propia, fuera del ámbito de la empresa que les haya contratado.
- Disponer en los niveles de dirección y producción de personal adecuadamente formado en la prevención de riesgos laborales.
- Acreditar el cumplimiento de todos estos requisitos mediante una declaración suscrita por el representante legal de la empresa formulada ante el Registro de Empresas Acreditadas, en el que la empresa tiene que estar, necesariamente, inscrita.



Además de lo anterior, la ley exige que las empresas que contratan o subcontratan habitualmente para la realización de trabajos en obra del sector de la construcción cuenten con una plantilla fija mínima de un 10 % hasta abril de 2008, de un 20 % hasta octubre de 2009 y no inferior al 30 % a partir de esta fecha.

En cuanto al número de subcontratistas presentes en la obra, el nivel de subcontratación se limita a tres, exigencia que se endurece en el caso de que en alguno de los eslabones de la cadena figure un trabajador autónomo subcontratado o una empresa que aporte fundamentalmente mano de obra, puesto que éstos no pueden a su vez subcontratar actividad alguna aún en el caso de que no se hubiera agotado el límite impuesto de las tres subcontrataciones.

Para poder rebasar el límite de subcontrataciones es preciso que se hayan producido unas circunstancias muy singulares (casos fortuitos, fuerza mayor, etc.), y contar con la aprobación de la dirección facultativa, dejando constancia documental y escrita de todo ello.

### Registro de Empresas Acreditadas

La ley prevé la creación de un Registro de Empresas Acreditadas, dependiente de la autoridad laboral competente, es decir, de la autoridad laboral de la Comunidad Autónoma en la que radique el domicilio social de la empresa.

El contenido, forma y efectos de la inscripción en dicho registro, así como la coordinación entre ellos, ha de ser

***“La atomización del sector de la construcción y la elevada temporalidad en el empleo son algunos de los factores que dificultarán la aplicación de ésta ley”***

desarrollado reglamentariamente. Por el momento lo único que se ha fijado es que las inscripciones en cualquiera de ellos ha de tener validez para la totalidad del territorio nacional, y que los datos contenidos en el mismo han de ser de acceso público con salvedad de los referentes a la intimidad de la persona.

### Acreditación de la formación en prevención de riesgos laborales

Las empresas son las responsables de velar por que todos los trabajadores que presten sus servicios en obra tengan la formación necesaria y adecuada a su puesto de trabajo o función en materia de prevención de riesgos laborales, de manera que conozcan los riesgos existentes y la forma de prevenirlos.

La ley prevé que dicha formación pueda quedar acreditada a través de la negociación colectiva estatal del sector o bien reglamentariamente. En cualquier caso, esto daría lugar a la expedición de una cartilla o carné profesional único para cada trabajador y de validez en todo el sector.

### Exigencias documentales

En toda obra de construcción cada contratista deberá disponer de un Libro de Subcontratación, en el que deberán reflejarse:

- todas y cada una de las subcontrataciones realizadas con empresas subcontratistas y trabajadores autónomos, indicando el nivel de subcontratación y empresa comitente;
- el objeto del contrato;
- la identificación de la persona que ejerce las facultades de organización y dirección de cada subcontratista;
- los representantes legales de los trabajadores, en su caso;
- las fechas de entrega de la parte del plan de seguridad y salud que afecte a cada empresa subcontratista y trabajador autónomo;
- las instrucciones elaboradas por el coordinador de seguridad y salud para marcar la dinámica y desarrollo de procedimiento de coordinación;
- las anotaciones efectuadas por la dirección facultativa sobre su aprobación de cada subcontratista excepcional por encima del tercer nivel, en su caso.



## EN PORTADA

El Libro de Subcontratación es un documento público al que han de tener acceso el promotor, la dirección facultativa, el coordinador de seguridad y salud de la obra, las empresas y trabajadores autónomos intervinientes en la misma, los técnicos y delegados de prevención, la autoridad laboral y, por supuesto, los representantes de los trabajadores de las diferentes empresas que intervengan en la ejecución de la obra.

De esta manera se garantiza la transparencia en todas las actividades de subcontratación y la participación de los trabajadores que, a través de sus representantes, van a estar informados puntualmente de todas las contrataciones y subcontrataciones que se lleven a cabo durante la ejecución de la obra.

### Infracciones y sanciones

Las infracciones a lo dispuesto por la ley 32/2006 se sancionarán con arreglo a lo dispuesto en la Ley de Infracciones y Sanciones

en el Orden Social, Texto Refundido aprobado por Real Decreto Legislativo 5/2000, de 4 de agosto, que ha sido convenientemente modificada en los contenidos de sus artículos relativos a infracciones en materia de relaciones laborales individuales y colectivas (artículo 8 "Infracciones muy graves", y a infracciones en materia de prevención de riesgos laborales (artículos 11, 12 y 13 correspondientes a infracciones leves, graves y muy graves respectivamente).

Las cuantías de las sanciones previstas varían en función de su graduación. Para el caso de las infracciones muy graves en materia de relaciones laborales estas sanciones están comprendidas entre 3.000 y 90.000 euros. En el caso de las infracciones en materia de prevención de riesgos laborales, los niveles de sanción varían entre 30 y 1.500 euros para las leves, entre 1.500 y 30.000 euros

### FICHA DEL LIBRO DE SUBCONTRATACIÓN

Hoja nº \_\_\_\_\_

A) DATOS IDENTIFICATIVOS DE LA OBRA			
Promotor		NIF	
Contratista		NIF	
Dirección Facultativa		NIF	
Coordinador de Seg. y salud en fase de ejecución		NIF	
Domicilio de la obra		Localidad	

B) REGISTRO DE SUBCONTRATACIONES										
Nº orden	Empresa subcontratista o trabajador autónomo/NIF	Nivel de subcontratación	Nº orden del comitente (1)	Fecha comienzo trabajos	Objeto del contrato	Responsable de dirección trabajos/ representantes de los trabajadores	Fecha entrega plan de Seg. y salud	Referencia de instrucciones del coordinador (2)	Firma del subcontratista o trabajador autónomo	Aprobación de la Dirección Facultativa (3)

- (1) En esta columna se anotará el N.º de orden correspondiente al asiento de la empresa que ha subcontratado los trabajos a la subcontratista de este asiento, dejándose en blanco en caso de que la comitente sea la empresa contratista.
- (2) En esta columna se hará constar, en su caso, la referencia de las hojas del Libro de incidencias al plan de seguridad y salud del contratista en las que el Coordinador de seguridad y salud en fase de ejecución haya efectuado anotaciones sobre las instrucciones sobre el desarrollo del procedimiento de coordinación establecido.
- (3) Cuando proceda, se hará constar en esta columna la aprobación de la subcontratación a que se refiere el asiento por parte de la Dirección Facultativa, mediante la firma del mismo en esta casilla y la indicación de su fecha.

FIRMA Y SELLO DE LA EMPRESA CONTRATISTA

⇒ **Figura 2.-** Ficha tipo del libro de subcontratación.

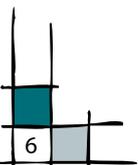


Tabla 1.- Calificación de las infracciones a la Ley Reguladora de la Subcontratación en el Sector de la Construcción.

En materia de relaciones laborales individuales y colectivas				
	Infracciones	Subcontratista	Contratista	Promotor
<b>Muy graves</b>	Incumplimiento en la limitación de la proporción mínima de trabajadores contratados con carácter indefinido (10% hasta abril de 2008, 20% hasta octubre de 2009 y no inferior al 30% a partir de esta fecha).	X	X	
En materia de prevención de riesgos laborales				
	Infracciones	Subcontratista	Contratista	Promotor
<b>Leves</b>	No disponer en la obra de construcción del Libro de Subcontratación.		X	
	No disponer del título que acredite la posesión de la maquinaria que se utiliza.	X	X	
<b>Graves</b>	Incumplimiento del deber de acreditación de la disposición de recursos humanos, tanto a nivel directivo como productivo, con la adecuada formación en prevención de riesgos laborales, así como la de disponer de una organización preventiva adecuada.	X (*)	X (*)	
	No verificar la acreditación y registro de los subcontratistas con los que contrate.	X (*)	X (*)	
	No estar inscrito en el Registro de Empresas Acreditadas.	X (*)	X (*)	
	No llevar en orden y al día el Libro de Subcontratación.		X	
	No comunicar los datos necesarios para llevar en orden y al día el Libro de Subcontratación.	X		
	Proceder a subcontratar con otro u otros subcontratistas o trabajadores autónomos superando los niveles de subcontratación permitidos legalmente, sin contar con la expresa autorización de la Dirección Facultativa.	X (*)	X (*)	
	Permitir, a través de la Dirección Facultativa, la aprobación de la ampliación excepcional de la cadena de subcontratación cuando no concurren las causas motivadoras previstas en la ley (casos fortuitos, exigencias de especialización de los trabajos, complicaciones técnicas de la producción o circunstancias de fuerza mayor).			X (*)
<b>Muy graves</b>	La vulneración de los derechos de información de los representantes de los trabajadores en los términos establecidos en la ley 32/2006.		X	
<b>Muy graves</b>	El falseamiento en los datos comunicados al contratista o a su subcontratista comitente, que dé lugar al ejercicio de actividades de construcción incumpliendo el régimen de la subcontratación.	X		
Cuantías de las sanciones previstas por la Ley de Infracciones y Sanciones en el orden social (€)				
Nivel	En materia de relaciones laborales individuales y colectivas	En materia de prevención de riesgos laborales		
Leve	30 a 300	30 a 1.500		
Grave	300 a 3.000	1.500 a 30.000		
Muy grave	3.000 a 90.000	30.000 a 600.000		

(\*) Estas infracciones pasan a ser muy graves en el caso de que se produzcan en trabajos con riesgos especiales, conforme a la regulación reglamentaria de los mismos para las obras de construcción.



## EN PORTADA

⇒ **Tabla 2.- Distribución porcentual de las empresas constructoras de acuerdo con el número de asalariados. Año 2004.**

Tipo de empresa	Construcción general de inmuebles y obras de ingeniería civil	Instalaciones de edificios y obras	Acabado de edificios y obras	Total
Sin asalariados	23,1	9,5	13,2	45,9
De 1 a 9	25,1	10,1	9,6	44,7
De 10 a 199	6,5	1,8	1,0	9,3
Más de 200	0,1	0,0	0,0	0,1
Total	54,8	21,4	23,8	100

Fuente: DIRCE 2004 (INE) y Fundación Laboral de la construcción.

para las graves y entre 30.000 y 600.000 euros para las muy graves. En la Tabla 1 se recoge la clasificación que la ley hace de estas infracciones.

## CONCLUSIONES

La aprobación de esta nueva ley ha tenido una desigual recepción en el sector de la construcción. Por parte de las organizaciones sindicales ha sido muy bienvenida, al entender que regula una de las posibles causas de la siniestralidad laboral. Sin embargo, por parte de las Asociaciones de Empresarios y Trabajadores Autónomos ha sido muy contestada, al entender que la aprobación de la nueva ley va a suponer la pérdida de protagonismo de las pequeñas y medianas empresas, sobre todo en las grandes obras, que con ella se introduce un nuevo factor de tensión a la dirección facultativa y que se va a sobrecargar, en definitiva, el trabajo de la autoridad laboral competente.

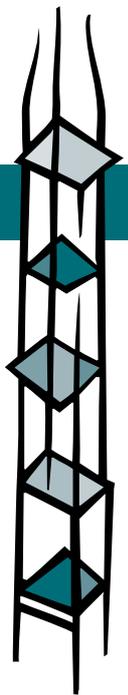
Desde el punto de vista del pequeño empresario la nueva ley exige la realización de mayores inversiones a estas empresas al obligarles a contar con medios materiales propios y con unos cuadros directivos y de producción con la adecuada formación en materia de prevención de riesgos laborales, además del deber de contar con, al menos, un 30 % de la plantilla de trabajadores fija a partir del tercer año de vigencia de la ley.

Por otro lado, esta mayor preparación que se exige a las empresas constructoras (contratistas o subcontratistas), el establecimiento de una serie de obligaciones formales con sus respectivas sanciones, y el hecho de que deban ser garantes respecto a sus subcontratados en el cumplimiento de estas obligaciones, va a redundar sin duda alguna en una mayor ordenación de esta actividad, una mejor formación de sus agentes y, esperemos, en una mayor calidad de los trabajos finales.

Como dificultades que deberá superar esta ley se pueden citar las siguientes:

- La elevada temporalidad en el empleo que se produce en el sector de la construcción (55%), lo que hará necesaria una labor constante de formación en materia de riesgos laborales (sólo el 21% de los trabajadores del sector tienen una antigüedad superior a 10 años).
- El elevado número de empresas de trabajadores autónomos sin asalariados (45,9%) y de empresas con menos de 10 trabajadores (44,7%), que hacen que el sector de la construcción se defina como un sector atomizado.
- La necesaria participación y coordinación de las Comunidades Autónomas, responsables de aprobar los reglamentos que desarrollen esta ley, estableciendo aspectos tan importantes como la clasificación de las obras en función de los riesgos que concurren en las mismas, o la constitución de los Registros de Empresas Acreditadas.
- La indefinición que incluye la ley de las situaciones en las que pueden superarse los niveles de subcontratación previstos en la misma, como es el caso fortuito o la fuerza mayor, aspectos ambos sometidos a una gran subjetividad.

El tiempo nos dirá si todas estas medidas previstas por la nueva ley consiguen disminuir la siniestralidad laboral en este sector, deseo que todos compartimos. ■



# CORROSIÓN Y PROTECCIÓN DE LAS ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO

M<sup>a</sup> Cruz Alonso, M<sup>a</sup> Carmen Andrade y José Fulla García - Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja.

**E**l acero embebido en hormigón se encuentra protegido frente a la corrosión mediante su pasivación. La razón de esta pasivación de la armadura es debida a la elevada alcalinidad del electrolito de los poros, básicamente constituido por KOH, NaOH y Ca(OH)<sub>2</sub>, alcanzando valores de pH que oscilan entre 12,6 y 14. Esta elevada alcalinidad de la fase acuosa de los poros del hormigón favorece la formación de una capa de óxidos microscópica y transparente, que la protege de su disolución anódica y la mantiene inalterada por tiempo indefinido mientras no cambien las condiciones de servicio. Por otro lado, el recubrimiento del hormigón se comporta como una barrera física que aísla a la armadura del ambiente agresivo exterior.

La armadura debe estar embebida en hormigón de acuerdo con la normativa existente. En particular el diseño de la mezcla y el recubrimiento mínimo debe tenerse en cuenta y ser adecuado a la corrosividad del ambiente. En muchos casos estas medidas serán

suficientes para proteger la armadura, siempre que el hormigón sea correctamente colocado, compactado y curado.

La pérdida de durabilidad en el hormigón armado ocurre únicamente si la capa de óxidos pasivante se vuelve inestable debido, generalmente, a la penetración de los agresivos del ambiente exterior a través de la red de poros.

## PROCESOS DE INICIACIÓN DE LA CORROSIÓN DE ARMADURAS

Las dos causas principales de la pérdida de esta capacidad protectora del hormigón son: la carbonatación del recubrimiento, que generalmente induce corrosión generalizada, y la presencia de iones cloruros que producen picaduras y ataques localizados. Un esquema de estos tipos de corrosión se presenta en la Figura 2. La presencia de una corrosión desarrollada en la armadura se puede identificar fácilmente por la presencia de manchas de óxido en la superficie del hormigón y la aparición de fisuras paralelas a la dirección de las barras de armado. La corrosión bajo tensión del acero pretensado es un tipo especial de ataque localizado que se da en las estructuras pretensadas.

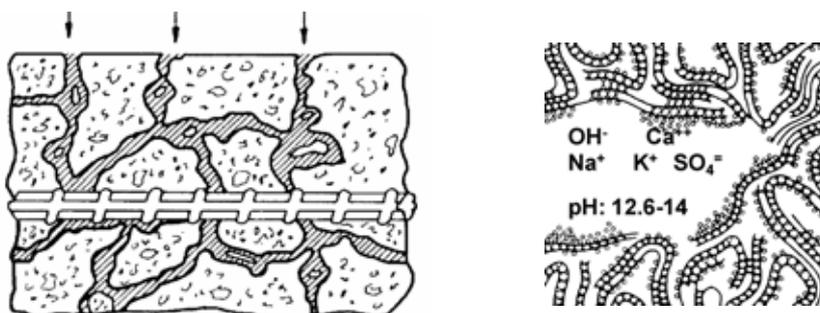


Figura 1.- Armadura embebida en hormigón. Alcalinidad de la fase acuosa de los poros.



## REPORTAJES

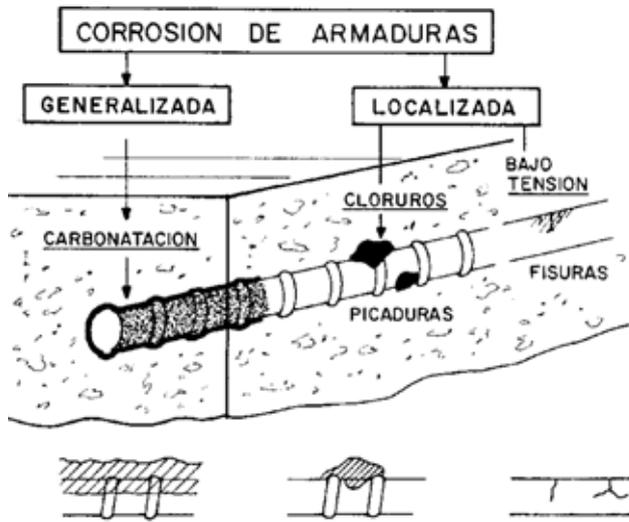


Figura 2.- Esquema sobre los tipos de corrosión de armaduras y causas.

### Carbonatación

El dióxido de carbono de la atmósfera reacciona con los hidróxidos y fases alcalinas del hormigón reduciendo su pH hasta valores próximos a la neutralidad. El producto de la reacción mayoritario resultante de este proceso es el carbonato cálcico. Cuando estas condiciones del electrolito de los poros se alcanzan a nivel de la armadura, ésta queda en unas condiciones electroquímicas que permiten su corrosión activa si las condiciones de humedad y temperatura lo permiten.

La carbonatación es un proceso de difusión y, por lo tanto, su avance en el interior del hormigón progresa atenuándose en el tiempo. La modelización de la carbonatación suele realizarse utilizando la expresión:

$$X = V_{\text{CO}_2} \sqrt{t}$$

donde X es la profundidad carbonatada,  $V_{\text{CO}_2}$  representa una velocidad de carbonatación y t es el tiempo de exposición.

El factor  $V_{\text{CO}_2}$  dependerá fundamentalmente del tipo de hormigón y de las características del ambiente. La carbonatación no se desarrollará si el hormigón está saturado en agua o si está totalmente seco. Sin embargo, su avance será máximo cuando se produzcan ciclos de humectación/secado, que confieren al hormigón un grado de saturación moderado.

### Ataque por cloruros

Los iones cloruro pueden estar presentes en el hormigón si se añaden a la mezcla a través de los aditivos, las adiciones, el agua de amasado o los áridos. Sin embargo, esta situación no es ya muy común pues desde hace tiempo la reglamentación en la materia prohíbe la inclusión de estos iones en el hormigón. El medio más frecuente de ingreso de los iones es desde el exterior, ya sea porque la estructura esté localizada en ambiente marino o debido al uso de sales de deshielo.

Los cloruros inducen una destrucción local de la capa que pasiva del acero, ocasionando un ataque localizado que frecuentemente se transforma en picaduras. Dependiendo de la extensión de la corrosión, puede aparecer o no la fisuración del recubrimiento. En las zonas totalmente sumergidas las armaduras se pueden corroer sin ninguna señal externa de daño en el recubrimiento. En estas zonas sumergidas o en el hormigón completamente saturado, el ión cloruro penetra en el hormigón por difusión. Sin embargo en las zonas aéreas de ambientes marinos o en las zonas afectadas por ciclos de hielo-deshielo (zonas en las que se han aplicado sales de deshielo) la absorción capilar puede ser un mecanismo de penetración más rápido. En ambos casos la penetración se puede modelizar como dependiente de la raíz cuadrada del tiempo:

$$X = V_{\text{Cl}} \sqrt{t}$$

Una vez que el cloruro alcanza el nivel de la armadura, la corrosión no se inicia hasta que se alcance una concentración crítica, que por otro lado no puede tomar un valor constante, ya que depende de varios factores como: tipo de cemento, relación agua/cemento, curado, compactación contenido en agua de los poros, disponibilidad de oxígeno etc. Esta multidependencia hace que no se pueda definir un valor único de Cl para iniciar la corrosión; sin embargo una relación como se aprecia en la Figura 3, aparece con el potencial de la armadura. Así, el hormigón seco a la atmósfera induce potenciales más positivos que el hormigón sumergido. El valor mínimo

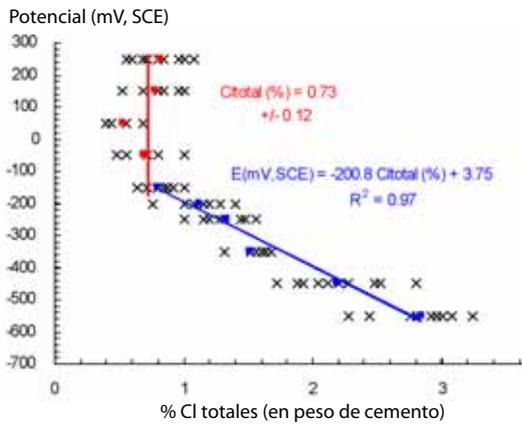


Figura 3.- Relación entre potencial y concentración crítica de cloruros.

de concentración crítica de cloruros totales es 0,4 % en peso de cemento, siendo este el valor adoptado por la Instrucción de Hormigón Estructural EHE.

### VIDA ÚTIL DE LAS ESTRUCTURAS

En el caso de las armaduras, el modelo más sencillo y que mejor describe la vida útil de las estructuras en riesgo de corrosión es el de Tuutti. Este modelo se caracteriza porque subdivide la vida útil en dos fases, como se aprecia en la Figura 4. La primera fase, o periodo de iniciación, se asocia con el tiempo que tarda el agresivo en llegar hasta la armadura y provocar la despasivación. La segunda fase, o periodo de propagación, presenta una pendiente que depende de parámetros asociados al ambiente y al hormigón, como el oxígeno, la temperatura y el grado de saturación de los poros del hormigón.

Durante el periodo de propagación tienen lugar los deterioros sobre el hormigón y la armadura, como son: pérdida de sección y ductilidad de la armadura, fisuración del hormigón y pérdida de adherencia armadura/hormigón.

### TÉCNICAS PARA EVALUAR EL DETERIORO

En una estructura en riesgo de corrosión es preciso identificar si la corrosión está activa, y cuantificar el deterioro o la pérdida de sección de la armadura. Dado que el proceso de corrosión de las armaduras es de tipo electroquímico, deben ser éstos los parámetros que se vean alterados como consecuencia de la corrosión y, por tanto, los que interesa

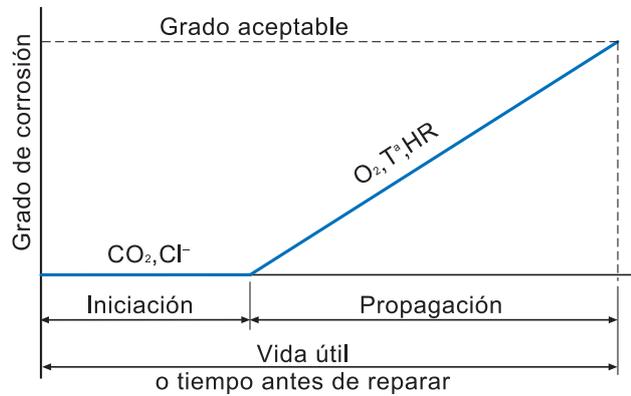


Figura 4.- Modelo simplificado de la vida útil para corrosión de armaduras según Tuutti.

determinar. Los parámetros más habitualmente analizados son el potencial de corrosión, ( $E_{corr}$ ), la resistividad eléctrica del hormigón y la velocidad de corrosión, ( $I_{corr}$ ).

### Medida del potencial de corrosión

La medida del potencial de corrosión proporciona una información cualitativa sobre el riesgo de corrosión activa de la armadura, pero no cuantifica el proceso; no es posible sacar datos de pérdida de sección. Sin embargo, su determinación hace posible establecer unos límites entre los que se indique el porcentaje de riesgo. Estos rangos se incluyen en la Tabla 1.

Tabla 1.- Rango de riesgo de corrosión a partir del potencial de corrosión de la armadura.

Potencial (E)	Riesgo de corrosión
> -200mV	10 %
-200 > E > -350 mV	50 %
< -350 mV	90 %

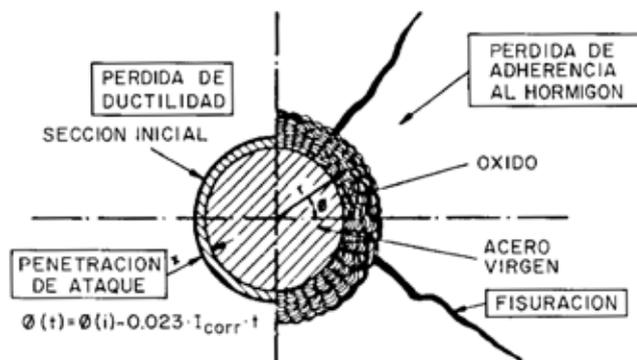


Figura 5.- Consecuencias del deterioro sobre el hormigón armado.



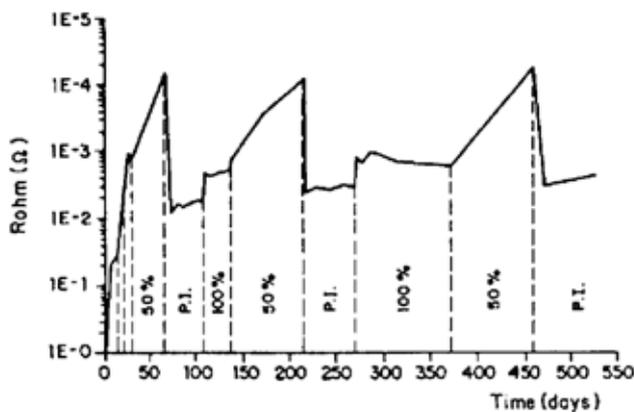
## REPORTAJES

### Medida de la resistividad

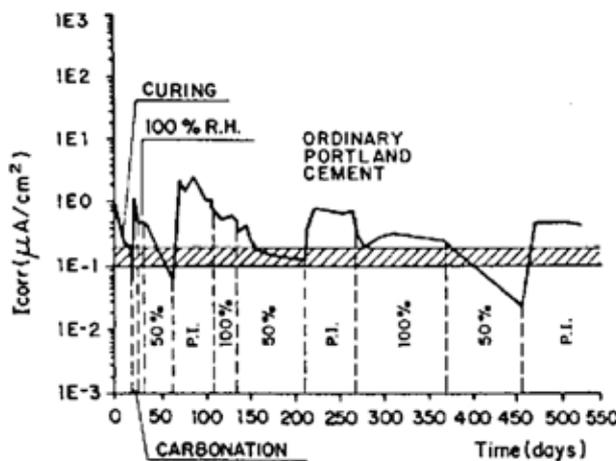
La medida de la resistividad del hormigón ofrece información sobre el grado de saturación de éste, y si hay presencia de agresivos existe una relación directa con la ausencia o presencia de corrosión activa. Se han establecido también unos rangos para este parámetro con la probabilidad de corrosión de la armadura, que se recogen en la Tabla 2. En la Figura 6 se observa la variación de la resistividad con la humedad.

⇒ **Tabla 2.-** Valores de resistividad del hormigón y riesgo de corrosión activa de la armadura.

Resistividad (KΩ cm)	Riesgo de corrosión
> 100 a 200	riesgo muy bajo
50 a 100	corrosión baja
10 a 50	corrosión moderada a alta
< 10	corrosión muy alta



⇒ **Figura 6.-** Variación de la resistividad con la humedad.



⇒ **Figura 7.-** Velocidad de corrosión de la armadura e influencia de la humedad.

### Medida de la velocidad de corrosión

Este parámetro es el único capaz de cuantificar la velocidad a la que se corroe la armadura y, por tanto, permite estimar la pérdida de sección sufrida (Figura 7). La velocidad de corrosión se puede expresar en  $\mu\text{A}/\text{cm}^2$  ó en  $\mu\text{m}/\text{año}$ , la transformación entre una y otra viene dada por la expresión:  $P_x (\mu\text{m}/\text{año}) = 0,0116 \cdot I_{\text{corr}} (\mu\text{A}/\text{cm}^2) \cdot t$ .

En la Tabla 3 se dan los criterios para diferenciar entre corrosión activa y pasiva.

### INFLUENCIA DEL AMBIENTE EN LA CORROSIÓN DE ARMADURAS

El parámetro ambiental que más influye es el grado de saturación de los poros del hormigón, que a su vez depende de la humedad ambiental. El contenido en agua líquida de los poros influye en la resistividad eléctrica del hormigón y el contenido en oxígeno a nivel de la armadura para facilitar los procesos de corrosión. Sin embargo, las condiciones de mayor agresividad no se dan en un hormigón saturado o completamente sumergido, ya que la difusión de oxígeno hasta la armadura pasa a controlar la cinética del proceso de corrosión, Figura 8.

La temperatura también influye y aunque inicialmente contribuye a activar los procesos con el incremento de temperatura –si el hormigón está saturado– por otro lado puede disminuir de forma significativa la cinética del proceso, debido a la evaporación de la fase acuosa de los poros (Figura 9).

### MÉTODOS PARA AUMENTAR LA VIDA ÚTIL DE LAS ESTRUCTURAS

#### Requerimientos del hormigón

El hormigón debe ser lo más impermeable posible para garantizar una durabilidad frente a la penetración de agresivos. Esto significa que el árido debe ser por sí mismo impermeable y, en estado fresco, el hormigón debe estar bien compactado. El hormigón debe estar bien dosificado para garantizar una buena trabajabilidad. Por

Tabla 3.- Valores de velocidad de corrosión de la armadura y riesgo de corrosión.

Velocidad de corrosión	Riesgo de corrosión
< 1	despreciable
1 a 5	corrosión baja
5 a 10	corrosión moderada
> 10	corrosión alta

otro lado debe asegurarse que no se introduzca algún tipo de agresivo con los componentes.

La porosidad del hormigón puede modificarse de forma significativa mediante la relación agua/cemento, pero desafortunadamente esta posibilidad está limitada por la pérdida de trabajabilidad del hormigón si la relación a/c desciende de forma excesiva. También se puede aumentar la cantidad de cemento, como en los hormigones de alta resistencia, pero esto lleva también a otra desventaja debido al aumento de la retracción del hormigón y producción de microfisuras. El uso de aditivos como los plastificantes pueden ayudar a solventar en parte estas limitaciones.

El desarrollo de resistencias a edades jóvenes lleva también asociado un adecuado curado del hormigón, ya que sino el recubrimiento puede resultar muy poroso. También la temperatura de curado es importante puesto que si se produce un gradiente de temperatura en el recubrimiento de hormigón puede producirse fisuración.

En cuanto al cemento, es especialmente su calor de hidratación y el contenido en Na y K quienes tienen un papel crítico respecto a la durabilidad de la armadura. El tipo de cemento afecta a la penetración del cloruro, efecto que no es tan significativo en el caso de la carbonatación, para la que es más importante la porosidad. Con respecto a la penetración de cloruros, se sabe que un hormigón de cemento Portland de bajo contenido en C<sub>3</sub>A es menos resistente a la penetración de los cloruros. Las adiciones como cenizas volantes y escorias de horno alto, retardan la pene-

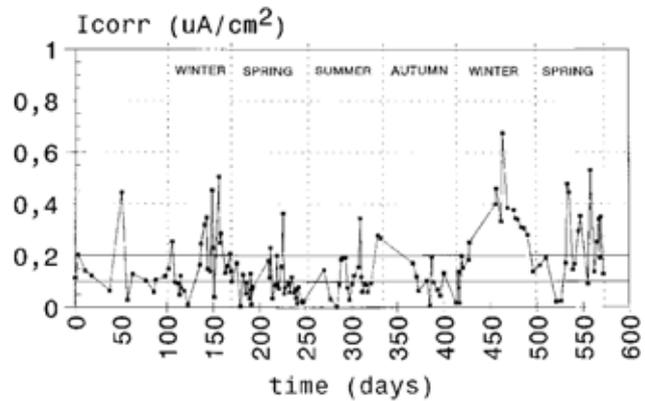


Figura 8.- Influencia ambiental en la velocidad de corrosión.

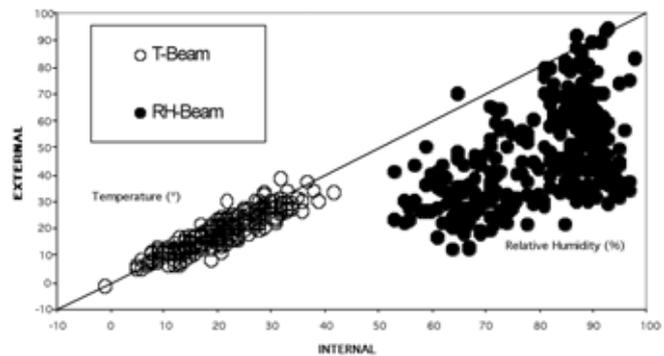


Figura 9.- Parámetros ambientales en el interior y exterior del hormigón.

tración del cloruro, no sólo porque resultan en una estructura porosa más refinada, sino porque son capaces de combinar más cloruros bloqueando la penetración de agresivo.

### Métodos adicionales para mejorar la protección de la armadura

Hay dos vías posibles para proteger las armaduras frente a la corrosión, bien actuando sobre el hormigón, o actuando sobre las armaduras. La Figura 10 trata de ser un recopilatorio de los distintos métodos de protección adicionales incluyendo para cada caso las ventajas, limitaciones y los campos óptimos para su empleo.

### Protección de las armaduras mediante galvanización

La galvanización de las armaduras mediante la inmersión en un baño de cinc fundido es un método de protección que ya comenzó a utilizarse en 1930 en las Islas Bermudas, donde ocurrieron deterioros muy prematuros y destrucciones espectaculares en diversos puentes y estructuras de hormigón armado. Posteriormente,



## REPORTAJES

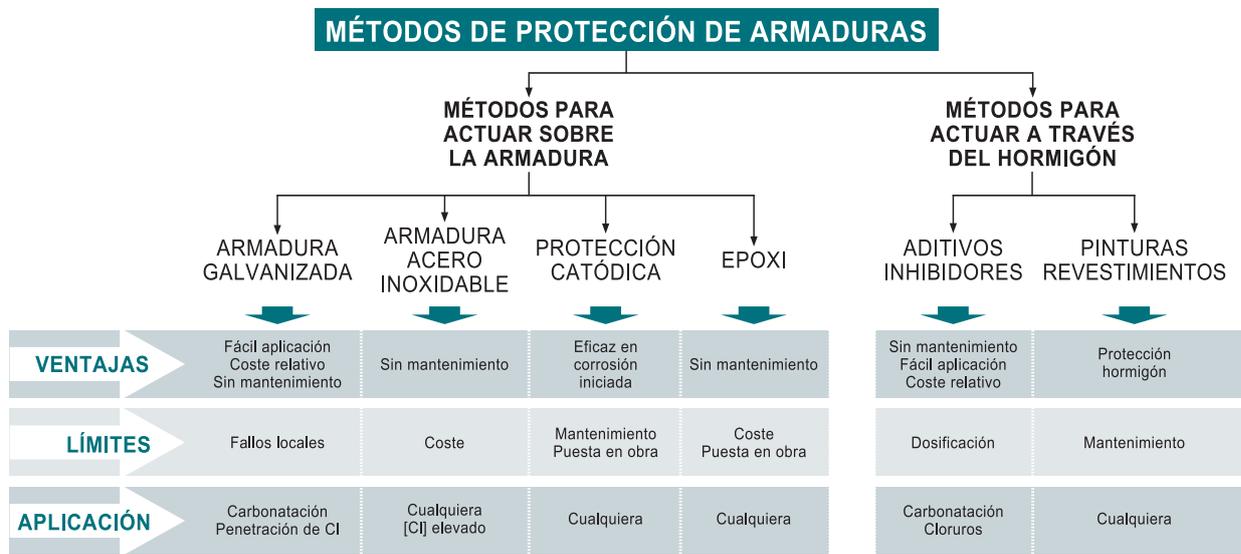


Figura 10.- Métodos adicionales de protección de armaduras. Ventajas, limitaciones y campos de aplicación.

en la década de los 70, se desarrolló y empleó en muchos puentes en USA. En la actualidad es cada vez más frecuente la recomendación del empleo de armadura galvanizada en estructuras que plantean requerimientos especiales frente a la corrosión, además del aportado por el propio recubrimiento de hormigón.

Las armaduras galvanizadas se pasivan en el hormigón formando sobre su superficie una capa de cristales que impide el progreso de la corrosión. La eficacia protectora de esta capa de cristales depende del pH del medio y de la estructura del galvanizado. El cinc es un metal anfótero, esto significa que es un metal estable dentro de una franja relativamente estrecha de pH, concretamente entre 6 y 12,5. Por debajo y por encima de estos valores la corrosión crece de manera exponencial. La pasta de cemento es un material alcalino y la fase acuosa contenida en sus poros posee un pH superior a 12,5. Esto significa que las armaduras galvanizadas inmersas en el hormigón se encuentran en el límite de su estabilidad y podría producirse su disolución continua; sin embargo, esto no ocurre debido a que el galvanizado logra pasivarse en estas condiciones. La presencia de  $Ca^{2+}$  es necesaria para la pasivación del cinc en el medio alcalino. El producto de corrosión causante de la pasivación del cinc se ha podido identificar en armaduras galvanizadas ensayadas en medios que simulan la disolución alcalina de los poros, conteniendo iones calcio, como el hidroxincato cálcico ( $HZnCa$ ).

Transcurridos los primeros minutos de contacto del cinc con el medio alcalino, si el pH es suficientemente elevado tiene lugar una

reacción muy intensa, que se produce con desprendimiento de hidrógeno. Este proceso desaparece a las pocas horas debido a la continua formación de la capa de productos de corrosión que llega a hacerse continua sobre la armadura. Generalmente este proceso se identifica por los valores del potencial de corrosión medidos en la armadura galvanizada  $< -1000$  mV (SCE). El pH = 12,8 se establece como límite para el inicio del desprendimiento de hidrógeno. La duración total de este proceso depende principalmente del contenido en álcalis del cemento.

La principal consecuencia del desprendimiento de hidrógeno es la formación de espacios en la interfaz armadura-hormigón si quedan burbujas atrapadas; el resultado sería una menor adherencia. Sin embargo, los ensayos realizados al respecto indican que aunque la generación de fuerzas de adherencia es lenta en las primeras edades de fraguado del hormigón con armadura galvanizada, éstas aumentan significativamente con el tiempo e incluso superan a las alcanzadas con armaduras de acero, debido a la generación progresiva de los productos de pasivación del cinc que actúan de anclaje y rellenan los espacios libres entre la armadura y el hormigón aumentando, además, la superficie de interacción entre ambos materiales, este efecto se ha intentado reflejar en la Figura 11.

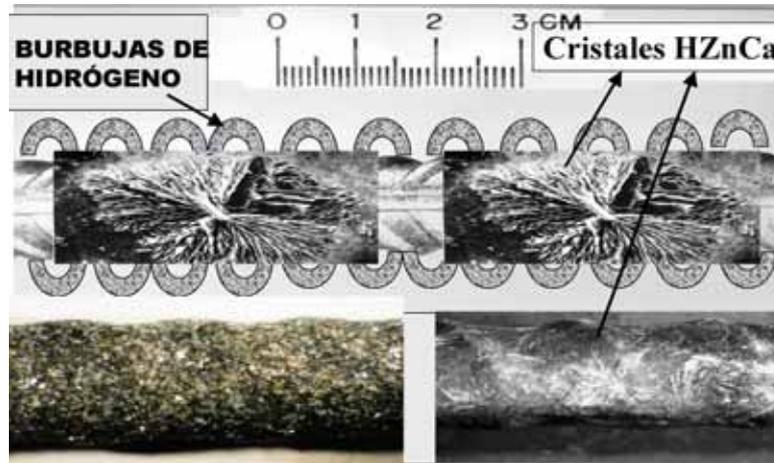


Figura 11.- Generación de productos de HZnCa y acoplamiento en la interfase armadura/hormigón.

No hay duda de que el cinc también se ataca por los cloruros, sin embargo es necesario alcanzar una mayor concentración de cloruros. El cinc se vuelve susceptible al ataque por picaduras en soluciones de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  que contienen cloruros en concentraciones tres a cinco veces superiores al caso del acero. La capa externa de cinc puro es más resistente a la corrosión que las capas aleadas, es ésta la razón por la que son preferibles armaduras galvanizadas con una capa externa de cinc puro lo más continua, homogénea y compacta posible.

En el medio neutro propio de un hormigón carbonatado el galvanizado se recubre de carbonatos de cinc capaces de pasivar a la armadura y evitar que la corrosión progrese, siendo estable en estas condiciones.

**Los aditivos inhibidores en el hormigón armado.**

El empleo de aditivos inhibidores como método preventivo de la corrosión para el hormigón armado, adicionados en el amasado, cuenta ya con una larga trayectoria, tanto a nivel de laboratorio e incluso con aplicaciones en estructuras reales. La experiencia en el uso de inhibidores difiere mucho de unos productos a otros, según el tipo de aditivo empleado aunque el objetivo sea el mismo, proteger a la armadura frente a la corrosión. Uno de los requisitos básicos de los aditivos inhibidores de corrosión es su eficacia a largo plazo.

El producto más habitualmente referido en la literatura es el nitrito, tanto sódico como cálcico, e incluso en muchas ocasiones su acción inhibidora se toma como referencia en los estudios dirigidos a conocer la eficacia inhibidora de otros productos. Con los nitritos se han hecho estudios para conocer acerca de su acción

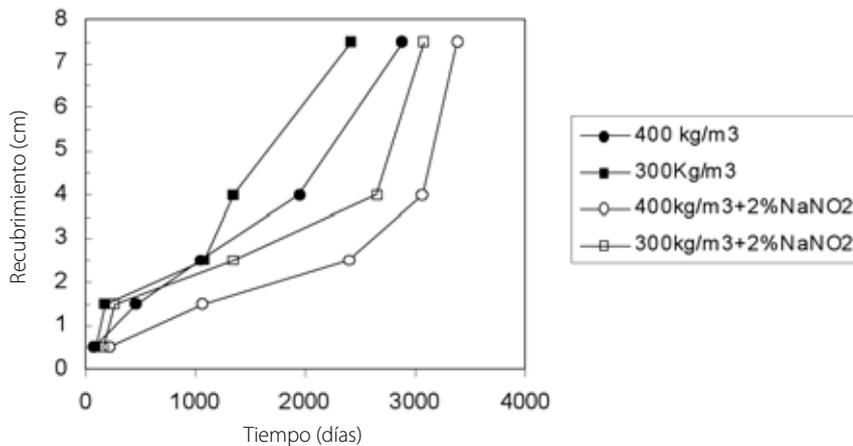


Figura 12.- Tiempo de despasivación de la armadura en presencia de nitrito en condiciones sumergidas de agua de mar.



## REPORTAJES

inhibidora, controlando el proceso anódico, su capacidad para actuar tanto en medio neutro, hormigón carbonatado, como en medio alcalino, hormigón contaminado con cloruros (Figura 12). Incluso se admite que la concentración óptima  $\text{NO}_2^-/\text{Cl}^-$  para lograr la eficacia como inhibidor para alargar la vida útil de las estructuras debe oscilar entre 0,5 y 1, pero se tienen dudas acerca de su capacidad para inducir corrosión localizada ante una dosis insuficiente.

Otros inhibidores también estudiados son los cromatos, el óxido de cinc y los fosfatos entre los compuestos inorgánicos. Entre los productos de naturaleza orgánica están los benzoatos y más recientemente han aparecido una amplia gama de productos orgánicos. Entre estos últimos son las aminas y amino alcoholes sobre los que se ha dirigido la mayor parte de la investigación; algunos resultados se incluyen en la Figura 13.

En general, la mayor parte de los experimentos con aditivos inhibidores adicionados al hormigón fresco proviene de ensayos de corta duración (horas, días, o como máximo 3 años). Cuando se tiene referencia del empleo en periodos más largos, el seguimiento sobre su eficacia ha sido insuficiente en la mayoría de los casos. En este sentido, únicamente en Norte América, la casa fabricante del nitrito cálcico tiene probetas con más de 10 años de exposición, y el Instituto Eduardo Torroja tiene vigas pretensadas amasadas con cloruros y nitritos con más de 25 años, y probetas sumergidas en agua de mar natural durante más de 15 años; algunos de dichos resultados corresponde la Figura 4.

Merece una consideración especial la aplicación de aditivos inhibidores de corrosión en el hormigón endurecido que inicia su desarrollo en la década de los 90, con la posibilidad de que puedan servir para la reparación de estructuras en riesgo de corrosión.

### Armaduras de acero inoxidable

En los últimos años se está manufacturando un tipo de armadura de acero inoxidable deformada en frío y en caliente. Su fabricación es muy similar a la del acero normal, sin embargo el coste es aún muy elevado.

Sus propiedades frente a la corrosión se caracterizan porque con un porcentaje de un 12 % de cromo el acero se autopasiva. Un aumento del contenido en cromo aumenta su resistencia frente a la corrosión, que puede mejorarse también mediante adiciones de níquel, molibdeno y nitrógeno. Estos elementos son importantes en la respuesta frente a la corrosión por picaduras.

La corrosión por picaduras es la forma más común de la corrosión del acero inoxidable en hormigón cuando la concentración de cloruros es elevada. La concentración crítica de cloruros para iniciar una corrosión por picaduras en acero inoxidable es claramente más elevada que en el acero al carbono.

En la Figura 14 se aprecia el efecto de la concentración de cloruros para despasivación en función del tipo de

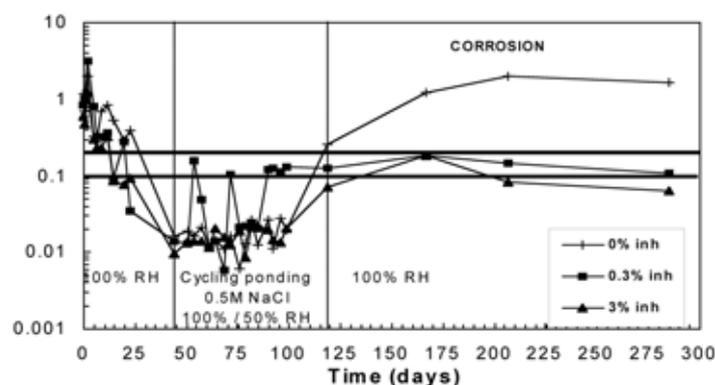


Figura 13.- Velocidad de corrosión de armaduras en mortero con cloruros. Capacidad protectora de inhibidor de la corrosión de naturaleza aminoalcohol.

acero inoxidable. Se han incluido datos de potencial de picadura en armaduras de acero inoxidable en presencia de cloruros, donde además se tiene también en cuenta el efecto en el contenido en, Cr, Mo y Ni en el material. Se detecta que el potencial de picadura se hace más positivo al aumentar el contenido en elementos aleantes. Los aceros inoxidables austeníticos y ferrítico-austeníticos pueden llegar a ser los más resistentes a la corrosión por picaduras. Los ferríticos con Cr > 10 % se sitúan en una posición intermedia, y con contenidos inferiores de Cr < 10 % son los menos resistentes.

Aunque la experiencia con este método de protección es aún escasa, se han empleado armaduras de acero inoxidable en estructuras en el Reino Unido, Italia, Alemania, Dinamarca, Sudáfrica y Japón. Aplicaciones típicas del acero inoxidable son aquellas circunstancias de ambientes especialmente agresivos, ya que su mayor coste dificulta una aplicación más extensiva. Se desconoce acerca del comportamiento y estabilidad a largo plazo del acero inoxidable en un medio tan alcalino como es el hormigón. La experiencia más dilatada es la de unos cajones de hormigón armado en un puerto en el Golfo de Méjico, construido con armadura de acero inoxidable en zonas concretas, que después de 60 años no presentaba signos graves de corrosión con concentraciones de cloruros del 2%, mientras que la armadura de acero presentaba serios deterioros.

**Protección catódica como método preventivo**

Uno de los métodos de protección frente a la corrosión de armaduras es el empleo de la protección catódica. Se basa en la aplicación de una pequeña corriente eléctrica a las armaduras de forma que éstas se sitúen en un potencial más negativo y pueda alargarse el tiempo de despasivación ante una entrada de cloruros. La prevención catódica debe realizarse durante la fase de construcción de la estructura y mantenerse durante su vida en servicio, por lo que el coste de mantenimiento debe contemplarse respecto al coste total de la estructura.

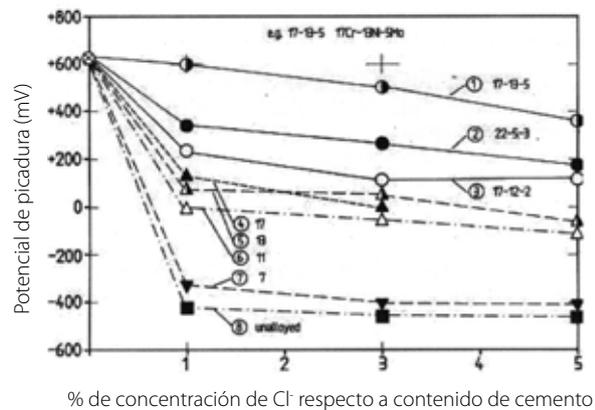


Figura 14.- Potencial de picadura en armaduras de acero inoxidable. Influencia de la composición.

La prevención catódica tiene un proceso de aplicación similar al de un sistema de protección catódica; la diferencia fundamental se basa en que el potencial al que se sitúa la armadura es menos negativo, lo que supone que el consumo de corriente necesaria para la protección de la armadura es muy inferior.

En la instalación de un sistema de prevención catódica los ánodos deben colocarse durante la fase de construcción de la estructura. Se debe diseñar el sistema que debe ser específico para cada tipo de estructura. Generalmente se admite que corrientes de 0,2 a 2 mA/m<sup>2</sup> son suficientes para garantizar una protección de la armadura por prevención catódica. El potencial al cual se polarizaría la armadura se sitúa entre -400 y -600mV, ESC.

El tipo de ánodo más recomendable es el de titanio activado en forma de malla, para situar sobre la superficie del hormigón. La corriente sobre el ánodo no debe superar los 100mA/m<sup>2</sup> con el fin de alargar al máximo la vida del ánodo.

La experiencia práctica con este método preventivo de corrosión de la armadura está mas extendida en Italia y en USA, donde se ha aplicado a la protección de varios puentes y viaductos expuestos a la acción de sales de deshielo, con una experiencia no muy dilatada, pues éstas se remontan al año 1993. Menor aún es la experiencia con la protección catódica para detener una corrosión ya iniciada o polarizando la armadura hasta potenciales de inmunidad desde el inicio. ■



## REPORTAJES

# ARMADURAS RECUBIERTAS CON EPOXI

Pio Anzalone - 3M Italia S.p.A.

**E**l hormigón armado es hoy en día uno de los principales materiales empleados en las realizaciones arquitectónicas y en estructuras de ingeniería civil. En los últimos años, los temas relacionados con la duración a largo plazo de muchas de estas estructuras han cobrado una especial importancia, sobre todo cuando muchas de ellas, proyectadas hace algunas décadas, comienzan a necesitar la aplicación de medidas de reparación o de sustitución de algunos elementos.

El acero embebido en el hormigón se encuentra, por lo general, pasivado y libre de corrosión, por diversas razones que no vamos a entrar a describir en este artículo, y que de forma simplificada

están relacionadas con el elevado nivel del pH y de alcalinidad que proporciona el hormigón.

El deterioro prematuro que experimentan las armaduras embebidas en el hormigón está relacionado, fundamentalmente, con la presencia de agentes agresivos tales como los cloruros, los procesos de degradación del hormigón, como es la carbonatación, y diversos ataques electroquímicos.

Ante esta situación, el recubrimiento de las armaduras con epoxi es una medida alternativa para proteger a éstas de la corrosión.

Tabla 1.- Sistemas más comunes de protección contra la corrosión.

Sistema de protección	Descripción
Materiales para las armaduras y recubrimientos	Recubrimientos con epoxi Galvanización Acero inoxidable y revestimientos con acero inoxidable Composites
Aditivos y dosificación del hormigón	Inhibidores Hormigón de altas prestaciones Bajas relaciones agua/cemento Microsílice
Membranas, sellados y capas superficiales	Silanos/siloxanos Latex modificado Revestimientos con hormigones densos y mejorados con microsílice Membranas impermeables
Procesos electroquímicos	Protección catódica Eliminación electroquímica de cloruros
Medidas de conservación	Empleo de fundentes no corrosivos Reparación de grietas y fisuras Lavado de tableros de puentes Mantenimiento de las juntas y de los sistemas de drenaje
Detalles del proyecto	Recubrimiento de las armaduras Espesor de tablero, en puentes Sistema de drenaje de las juntas
Condiciones de ejecución	Curado del hormigón Control de la temperatura Control de ejecución
Combinaciones de las alternativas anteriores	

## PREDICCIÓN Y VIDA DE SERVICIO

Quizás el aspecto más subjetivo, y también más importante, para llevar a cabo un análisis de coste de ciclo de vida sea la estimación de la vida de servicio de una estructura, y la prolongación que puede experimentar la misma mediante la utilización de un sistema de protección contra la corrosión. El periodo de tiempo hasta la reparación es una de las decisiones más críticas a la hora de seleccionar el procedimiento de protección a utilizar, y por lo general es el que mayor impacto tiene en el análisis de coste de ciclo de vida.

## SOLUCIONES PARA LA PROTECCIÓN CONTRA LA CORROSIÓN

La solución del problema de la corrosión de las armaduras es, teóricamente, muy simple. Basta con:

- Emplear materiales resistentes a la corrosión.
- Inhibir el hormigón.
- Prevenir que los agentes que producen la corrosión alcancen al acero de las armaduras.
- Mantener el potencial del acero en un nivel de protección.

Podríamos llegar a afirmar que todos los procedimientos y materiales utilizados para combatir el problema de la corrosión de las armaduras se centran alrededor de, al menos, una de estas soluciones.

El objeto de este artículo es el de señalar algunas de las ventajas, experiencias y comportamientos obtenidos con barras recubiertas con epoxi.

## PROCESO DE RECUBRIMIENTO DE LAS ARMADURAS CON EPOXI

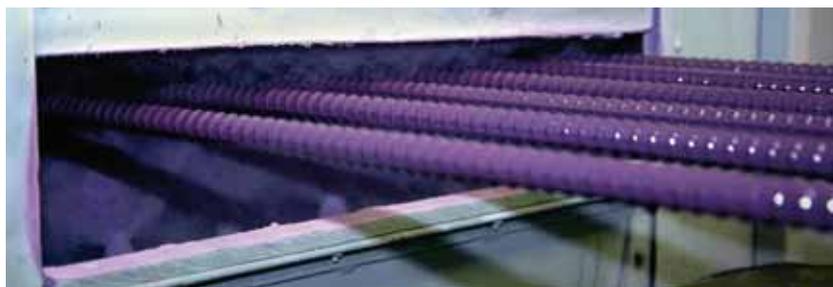
Los requisitos para recubrir correctamente una armadura son pocos en número, pero difíciles de conseguir.

El recubrimiento debe:

- Envolver toda la superficie de la armadura, garantizando una película continua y uniforme.
- Ser resistente y mostrar una buena adherencia con el soporte para resistir las operaciones normales de transporte y manipulación en obra.
- Disponer de la flexibilidad suficiente para cumplir con las especificaciones de doblado.
- Ser resistente a los álcalis.
- Ser económico y fácilmente aplicable.

Existen diversas técnicas para la aplicación de los recubrimientos con epoxi fundido (FBE- Fusion Bonded Epoxi): aplicación electrolítica, inmersión y pulverización. El método habitualmente utilizado para el tratamiento de barras corrugadas rectas es el primero. Su aplicación es bastante simple y consta de las siguientes fases: limpieza de la barra, calentamiento de ésta hasta alcanzar la temperatura adecuada (entre 190 y 240 °C), aplicación del epoxi en forma de polvo, periodo de curado y endurecimiento del recubrimiento, e inspección final del resultado obtenido.

La preparación de la superficie de la barra es una de las fases más importantes, y de ella dependerá la buena adherencia de la película formada. Para ello, debe eliminarse de la superficie de la barra cualquier resto de suciedad, óxido o cascarilla no adherida, lo cual se consigue a través de un proceso de granallado con arena metálica, que permite obtener una superficie rugosa con unas protuberancias del orden de las 50 micras.



➡ **Fotografía 1.-** Proceso de aplicación del recubrimiento epoxi fundido (FBE).



## REPORTAJES

Tras esta operación, la barra se calienta por inducción hasta alcanzar la temperatura adecuada, momento a partir del cual atraviesa una nube de polvo cargada electrostáticamente, produciéndose la atracción de partículas que se funden, se unen, fraguan y curan formando una capa inerte, termosellada y resistente a la abrasión, que presenta además un elevado nivel de adherencia con el soporte.

El proceso finaliza con una inspección visual del resultado final, y un control eléctrico que permite determinar la uniformidad de la película formada, cuyo espesor debe estar comprendido entre 250 y 300 micras.

A pesar de que el procedimiento es extremadamente sencillo, es importante controlar los detalles y aplicarlos correctamente para

⇒ **Tabla 2.- Características del recubrimiento FBE Scotchkote 413 de 3M.**

Propiedad	Descripción	Resultado
Resistencia al impacto	ASTM G 14 ASTM A 775/A 775 M	1,8 kg·m 0,9 kg·m
Resistencia a la abrasión	ASTM D 4060	< 0,008 g
Penetración	ASTM G 17 (-40 a 160 °C)	0
Dureza	Dureza Knoop	≥ 16
Desprendimiento catódico	ASTM A 775/A 775 M ASTM G 18 1,5 V, 3 % NaCl, 168 horas a 24 °C con un defecto de 3 mm	2,7 mm
Resistencia a la niebla salina	ASTM A 775/A 775 M ASTM B 117, 5 % NaCl, 800 horas a 36 °C con un defecto de 3 mm	0,89 mm de radio medio de desprendimiento
Permeabilidad a Cloruros	FHWA-RD-74-18, 45 días a 24 °C	Concentración de cloruros < 2,24 x 10 <sup>-5</sup> moles/l
Resistencia química	ASTM A 775/A 775 M 45 días a 21 °C, 25 % CaCl <sub>2</sub> , 10,7 % NaOH, y saturado en Ca(OH) <sub>2</sub>	Sin rastro de ampollas, peladuras o figuración
Trabajabilidad	ASTM A 775/A 775 M Doblado a 180° de una barra # 5 sobre mandril de 79,5 mm a 22 °C	Sin rotura ni fisuras
	ASTM A 775/A 775 M Doblado a 180° de una barra #19 sobre mandril de 152,4 mm a 22 °C	Sin rotura ni fisuras

conseguir un recubrimiento de calidad que sea capaz de prolongar la vida de servicio de las estructuras ubicadas en ambientes corrosivos.

El sistema FBE es ideal para conseguir un perfecto recubrimiento de la superficie de las barras corrugadas, caracterizada por la irregularidad de su superficie. El depósito electrostático, así como el control de la fusión y del flujo aseguran la formación de un revestimiento uniforme tanto en superficies planas como rugosas.

El revestimiento es muy flexible, de manera que la barra puede ser transformada en las distintas formas requeridas por el armado sin sufrir daños. Cientos de obras realizadas ponen de manifiesto la dureza y resistencia al impacto de estos recubrimientos.

Para tener una idea de las principales características de este tipo de recubrimientos y la forma para evaluarlas, en la Tabla 2 se recogen las características de uno de estos productos, en concreto del Scotchkote 413 de 3M.

Por último, en aquellos casos en los que se hubiera producido un deterioro de recubrimiento, causado por la manipulación de los elementos, golpes o procesos de soldadura, éste puede ser fácilmente reparado mediante la aplicación de un retoque bien con pincel o bien mediante spay (Fotografía 3).



⇒ **Fotografía 2.- Cercos recubiertos preparados para su colocación.**

### APLICACIONES

La utilización de armaduras recubiertas con epoxi se puso en marcha en los Estados Unidos en la década de los 80 en obras de autopistas y en la construcción de puentes.

La confianza que la industria del transporte ha depositado sobre la utilización de aceros para hormigón recubiertos con epoxi para el armado de pilas y tableros de puentes, como medida para proteger a las estructuras de la corrosión se puede constatar a través de algunos de los proyectos más relevantes en los que se ha utilizado: el puente flotante de Hood Canal en la Península Olímpica de Washington, en la que se utilizaron 6.000 toneladas de armaduras recubiertas; el puente Florida Sunshine con 11.500 toneladas de barras recubiertas; el puente de la Avenida Kline en Hammond, Indiana, en el que se utilizaron 5.000 toneladas; el mayor puente atirantado de Vancouver, Columbia Británica, con más de 4.000 toneladas de barras recubiertas.



⇒ **Fotografía 3.-** Spray para la reparación de defectos en el recubrimiento FBE.



⇒ **Fotografía 4.-** Aplicaciones de los aceros recubiertos con epoxi en muros.

### CONCLUSIONES

La utilización de las armaduras recubiertas con epoxi puede resumirse recogiendo la cita del último informe del TRB —Transportation Research Board— titulado “*Diseño de puentes para reducir y facilitar su conservación y reparación*”:

*“En base a los conocimientos actuales, la utilización de aceros para hormigón recubiertos con epoxi ofrece la mejor y más económica técnica para proteger al hormigón del deterioro producido por la corrosión.”*

### BIBLIOGRAFÍA

National Cooperative Highway Research Program; Synthesis 123; “Bridge design to reduce and facilitate maintenance and repair”.

Theodore L. Neff; “Predicting the life cycle cost of structures based on accelerated corrosion testing”; TRB; Technical paper.

James F. Williams; “Solving the rebar corrosion problem with epoxy coating”; National Association of Corrosion Engineers; Technical paper.

R.F Strobel; “Fusion bonded epoxy coated rebar” Technical paper.

J. Alan Kehr; “Epoxy coating for rebar corrosion protection”; Corrosion Protection of Concrete Dharan Workshop.

David H. Weaver; “Epoxy coated rebar - Performance for the nineties”; Our world in Concrete & Structure Singapore – Technical paper. ■



## REPORTAJES

# SISTEMAS DE PROTECCIÓN MEDIANTE EL USO DE INHIBIDORES DE CORROSIÓN MIGRATORIOS

**Jesús Orte Crespo** - Jefe del Departamento Técnico de Corrosión. Quimilock S.A.

Cualquier nueva estructura de hormigón armado está diseñada para tener una vida en servicio que supere los 50 años. Desafortunadamente, muchas estructuras no llegan a alcanzar este objetivo, precisando una reparación costosa y un mantenimiento de protección en el futuro.

Una de las causas que provoca deterioros en este tipo de estructuras es la corrosión de las armaduras, cuyo origen se encuentra principalmente en la carbonatación del hormigón y en la penetración a través de éste de iones cloruro. El resultado de este proceso conduce, si no se toman las medidas adecuadas, al debilitamiento de las estructuras como consecuencia de la pérdida de sección resistente de las armaduras, y al desprendimiento del recubrimiento como consecuencia del aumento de volumen que se produce

con la oxidación de las armaduras, lo que redunda en una aceleración del proceso.

Para paliar este problema existen, desde hace años, diferentes medidas de protección. Una de ellas es el empleo de inhibidores de corrosión, existiendo una amplia gama de productos que pueden clasificarse en diversos grupos en función de su aplicación y del tipo de proceso de corrosión existente. Quimilock S.A. es una empresa especializada en la prevención y resolución de los problemas derivados de la corrosión de las armaduras, utilizando para ello productos del tipo MCI (Migrating Corrosion Inhibitor) de Cortec Corporation, cuyas características y principios de funcionamiento van a exponerse a continuación.



**DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA TECNOLOGÍA MCI.**

Los inhibidores de la corrosión migratorios (MCIs) están basados en la química del aminocarboxilato y de los aminoalcoholes. Estos inhibidores de tipo mixto, pues impiden la reacción en el ánodo y en el cátodo, presentan en condiciones normales una fase vapor que es controlada por la estructura del compuesto y el carácter de la cadena de átomos de la molécula. El vapor protector se expande dentro la estructura porosa del hormigón hasta que se alcanza el equilibrio, determinado por su presión vapor que oscila entre  $10^{-3}$  a  $10^{-5}$  mm Hg, momento en el que condensa dando lugar a una reacción de adsorción sobre la armadura que impide los procesos de corrosión.

**TIPOS DE INHIBIDORES DE CORROSIÓN MIGRATORIOS**

Los inhibidores de corrosión migratorios pueden dividirse en dos grandes grupos diferenciados entre sí por la química básica de su composición, y que proporcionan unos niveles de protección contra la corrosión diferentes.

**Inhibidores de corrosión basados en aminoalcoholes.**

Este tipo de inhibidores migratorios fueron los primeros que se desarrollaron por la industria. Se caracterizan por tener una carga parcial positiva (+) y otra negativa (-) dentro de la propia molécula, que hace que sea atraída por el acero aunque la carga de la molécula sea nula. Estas cargas parciales son atraídas por el cátodo y el ánodo, respectivamente, lo que hace que se reduzca la corrosión. Este tipo de productos, según los estudios realizados, extiende ligeramente el tiempo de inicio de la corrosión y cuando ésta comienza disminuyen su velocidad a la mitad de la que se obtendría en el caso de no haberlos utilizado.

**Inhibidores de corrosión basados en aminocarboxilatos.**

Al igual que los aminoalcoholes este tipo de MCI tienen cargas parciales positivas (+) y negativas (-), con la diferencia de que parte de las moléculas reaccionan



Figura 1.- Esquema del mecanismo de actuación de las moléculas de MCI sobre la superficie metálica. Se detalla la ordenación a modo de capa monomolecular, en la cual, se disponen cada una de las moléculas de MCI que han condensado y adsorbido sobre la superficie.

con el hormigón sellando los poros y evitando así la penetración de agentes agresivos procedentes del exterior. Al mismo tiempo, las moléculas libres  $N^+$  y  $COO^-$ , con una afinidad con el acero mucho mayor que en el caso anterior, se ven atraídas por las áreas catódicas y anódicas del acero, proporcionando con este doble efecto un mayor nivel de reducción de la corrosión que en el caso anterior, llegando a triplicar el tiempo de inicio de la corrosión,

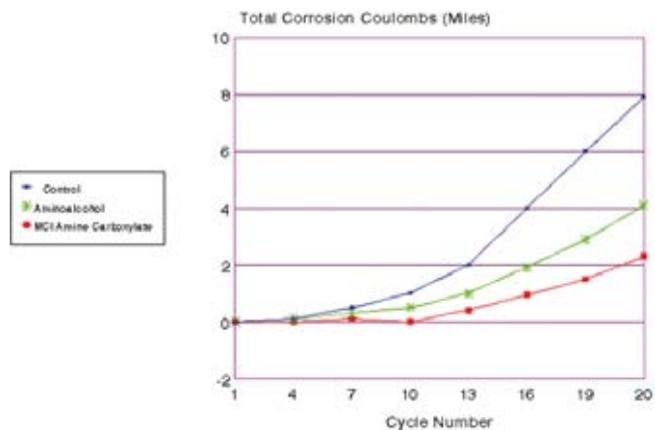


Figura 2.- Gráfica comparativa del poder de inhibición de la corrosión de los diferentes tipos de inhibidores MCI.



## REPORTAJES

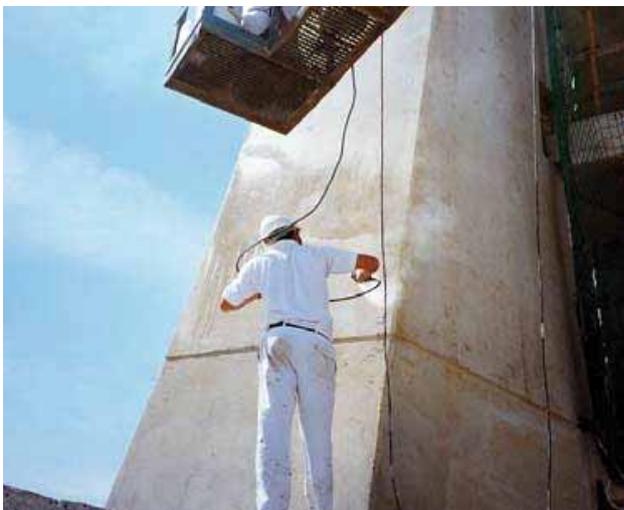
y reduciendo la velocidad de progresión de ésta hasta en cinco veces con relación al acero desnudo.

### FORMAS DE APLICACIÓN

Los productos MCI pueden aplicarse de forma distinta en función del tipo de producto elegido, de la función principal del mismo, y de las necesidades de cada caso concreto. En principio vamos a distinguir entre aplicaciones realizadas cuando la obra ya está finalizada, y cuando ésta es obra nueva.

#### Protección anticorrosiva en obra finalizada.

La aplicación de inhibidores de corrosión migratorios MCI en estructuras ya construidas se lleva a cabo directamente sobre la superficie del hormigón, bien mediante pulverización, o bien mediante pintado con brocha o rodillo. Una vez aplicado, este compuesto orgánico migra a través de la estructura porosa endureci-



➔ **Fotografías 1 y 2.**- Aplicación mediante rodillo y pistola de los inhibidores MCI.

da del hormigón hasta llegar a la armadura debido a los siguientes fenómenos:

- *Acción capilar:* el líquido penetra dentro del hormigón por presión osmótica y acción capilar.
- *Difusión de vapor:* el vapor se mueve a través del hormigón debido a gradientes de concentración.
- *Atracción iónica:* los iones viajan a través del hormigón atraídos por las áreas anódicas y catódicas de la armadura metálica debido a sus cargas positiva (+) y negativa (-).

Una vez que el MCI llega a la armadura el producto forma una capa monomolecular debido a un triple efecto:

- La separación en iones de las sales iónicas.
- La reacción y enlace con la superficie del metal.
- El establecimiento de una adsorción física.

Como consecuencia se produce una drástica reducción de la corrosión al producirse un cambio de potencial en las áreas anódicas y catódicas, formándose una capa hidrofóbica que impide la penetración de iones que causan la corrosión. El nitrógeno presente en las moléculas de MCI proporciona, además, un tenaz enlace sobre la armadura.

Estos productos pueden ir acompañados de otros compuestos que actúan directamente sobre el hormigón. Por ejemplo, pueden ir acompañados de microsílce para efectuar un sellado de los poros superficiales, siendo especialmente recomendable en aquellas estructuras que pudieran estar expuestas a la acción de ciclos de hielo-deshielo, como pueden ser las de alta montaña, ya que este tipo de material impide la escamadura del hormigón.

También pueden ir acompañados de hidrofugantes para mejorar las características superficiales del hormigón.

Todos estos inhibidores permiten, tras su llegada a la armadura metálica, desplazar los iones cloruro que pudieran estar presentes en la superficie del acero, como ha podido

comprobarse en ensayos de espectroscopia de rayos-x realizados en estructuras con un inicio de corrosión.

Las dotaciones de este tipo de inhibidores varían en función del tipo de inhibidor usado, aminoalcohol o aminocarboxilato, y depende igualmente del tipo de soporte; generalmente los inhibidores más potentes (aminocarboxilato) precisan de una sola capa de aplicación, siendo sus consumos de aproximadamente 0,3 l/m<sup>2</sup> y capa; para productos menos potentes (aminoalcohol) se precisan un mayor número de capas con dosificaciones similares por capa.

### Protección anticorrosiva en obra nueva.

La aplicación de inhibidores de corrosión migratorios MCI en estructuras de nueva construcción se lleva a cabo mediante la adición de los inhibidores directamente en el amasado del hormigón, sin que resulten afectadas las propiedades físicas de éste, o bien mediante el recubrimiento de la armadura, que proporciona una protección a ésta no sólo durante los periodos de almacenaje (hasta

5 años), sino también a lo largo del periodo de vida de servicio de la estructura, sin necesidad de tener que ser eliminado al no interferir en las condiciones de adherencia con el hormigón.

Estos productos suelen dosificarse en forma de polvo o líquido, pudiendo contener, como en el caso anterior, microsíllice para mejorar el sellado de los poros y reducir la red capilar del hormigón. La proporción en la que hay que dosificar estos productos al hormigón es muy reducida (0,6 l/m<sup>3</sup>), por lo que no es preciso llevar a cabo una especial vigilancia sobre la relación agua/cemento.

En el caso de los productos aplicados directamente sobre la armadura, se trata de un tipo de pintura al agua que forma una película que endurece tras un periodo de curado, no siendo pegajosa al tacto e impidiendo, por tanto, la adhesión de polvo e impurezas que pudieran dificultar las condiciones de adherencia con el hormigón.

Este recubrimiento se aplica en espesores de film seco que varían entre 5 y 25 µm dependiendo del tipo de protección que se quiera realizar, pudiendo ser pigmentado si así se requiere aunque en origen es transparente.



➡ **Fotografía 3.-** Aspecto de una estructura tras la aplicación superficial de los inhibidores MCI (Autopista de peaje A-6).



## REPORTAJES



➤ **Fotografía 4.**-Incorporación durante el amasado de los inhibidores MCI en forma de polvo.



➤ **Fotografía 5.**- Barras antes y después de ser recubiertas con inhibidores MCI.

Los posibles defectos superficiales que pudieran experimentar las barras como consecuencia de los procesos de conformación de la armadura (doblado, soldadura, corte, etc.) son fácilmente reparables a través de una sencilla operación de retoque.

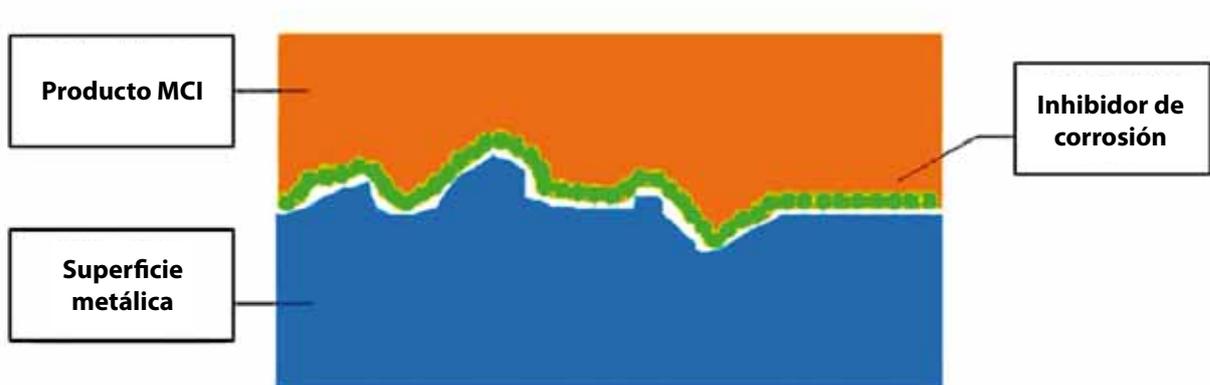
### Reparación anticorrosiva en rehabilitaciones.

En actuaciones de rehabilitación de estructuras afectadas por fenómenos de corrosión es recomendable aplicar un sistema completo de reparación anticorrosiva, para lo cual pueden utilizarse productos inhibidores de la corrosión contenidos en morteros de reparación, lechadas pasivantes, inyecciones, etc. En aquellas zonas donde no se tiene un acceso directo sobre las armaduras es recomendable aplicar un producto de superficie mediante pulverización, brocha o rodillo, ya que puede penetrar hasta ellas contrarrestando el efecto de la corrosión que se haya podido producir y disminuyendo la velocidad de propagación de esta.

### CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE PRODUCTOS MCI

Existen diferentes opciones a la hora de evaluar la efectividad de los inhibidores de corrosión MCI en el hormigón armado, tanto de aplicación en la propia masa como los de aplicación en superficie, pero la más habitual es la contenida en la norma ASTM G-109 "Standard Test Method for

## SECCIÓN TRANSVERSAL DE UNA SUPERFICIE METÁLICA



➤ **Figura 3.**-Representación gráfica del mecanismo de actuación de las moléculas de MCI sobre la superficie metálica cuando se aplica como recubrimiento. La capa monomolecular formada realiza la función anticorrosiva.



➔ **Fotografías 6 y 7.-** Dos ejemplos de aplicación de producto MCI como lechada y como mortero de reparación.

determining the effects of Chemical Admixtures on the corrosion of embedded Steel reinforcement in Concrete Exposed to Chloride environments”<sup>1</sup>. Esta norma describe un procedimiento para determinar los efectos de los aditivos químicos sobre la corrosión de los metales en el hormigón. Esta norma permite evaluar, comparativamente, la acción de diferentes inhibidores, tanto en los aspectos relativos al momento de aparición de la corrosión, como en la progresión de ésta una vez iniciada, frente a los cloruros, determinando así su mayor o menor funcionalidad en función del caso concreto al que se vayan a aplicar.

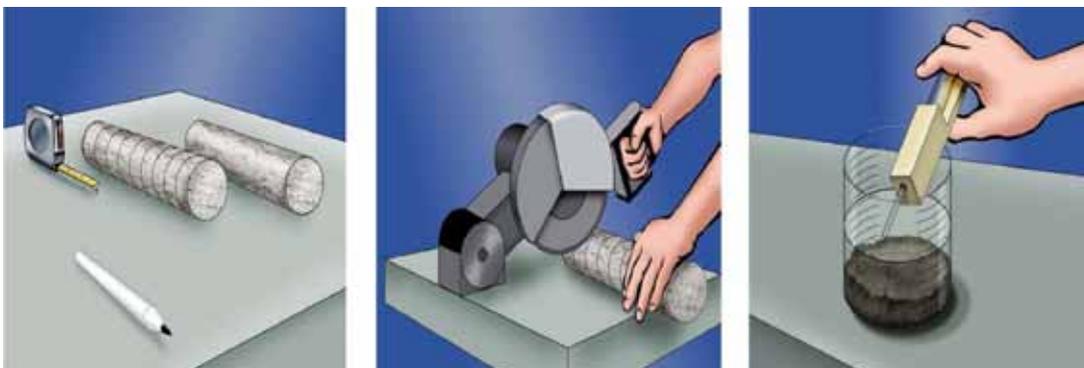
A la hora de evaluar los recubrimientos de aplicación directa sobre las armaduras, se aplican los test habituales en recubrimientos de niebla salina (ASTM B-117) y de humedad (ASTM D-1748).

**Control de calidad en obra.**

Los diferentes métodos existentes para la evaluación del nivel de corrosión en el que se encuentra el acero de una estructura de hormigón, a través de potenciales e intensidades de corrosión, permiten comprobar el nivel de eficacia de los productos utilizados para prevenir ésta, o para contrarrestarla. Sin embargo, en otras ocasiones puede ser interesante comprobar, como es el caso de los inhibidores MCI, si éstos se han aplicado de forma eficaz y en las proporciones adecuadas, o que el producto está presente en aquellos casos en los que se ha aplicado directamente sobre la armadura.

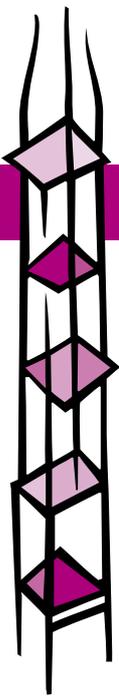
Un procedimiento sencillo para llevar a cabo este tipo de comprobaciones consiste en la extracción de testigos de los elementos estructurales, que posteriormente se trocean y analizan por separado, detectando la presencia del inhibidor y la profundidad de penetración de éste, en su caso.

Este tipo de comprobaciones ha de llevarse a cabo una vez que ha transcurrido el tiempo necesario para que se produzca la migración del inhibidor hasta la superficie de la armadura. Como regla general este periodo suele ser del orden de dos meses, pudiendo variar en función del tipo de hormigón presente en el elemento. ■



➔ **Figura 4.-** Esquema de la determinación de la profundidad de penetración de los inhibidores MCI.

<sup>1</sup>ASTM G-109: “Método de ensayo para la determinación de los efectos de los aditivos químicos en la corrosión de las armaduras de acero embebidas en hormigón expuesto a ambientes con cloruros”.



# MAYORES FACILIDADES PARA QUE LAS EMPRESAS ACCEDAN A DEDUCCIONES FISCALES POR ACTIVIDADES DE I+D+i

*La emisión de los informes vinculantes deja de ser una competencia exclusiva de la Dirección General de Desarrollo Industrial del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.*

**E**l Consejo de Ministros, en su reunión del 12 de enero, ha aprobado un Real Decreto para ampliar los organismos competentes para la emisión de informes motivados relativos al cumplimiento de requisitos científicos y tecnológicos, a efectos de la aplicación e interpretación de deducciones fiscales para empresas por actividades de I+D+i. Esta misión, hasta ahora limitada exclusivamente a la Dirección General de Desarrollo Industrial, podrá ser ejercida por el Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI), el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) y la Oficina Española de Patentes y Marcas (OEPM).

Estos informes motivados son vinculantes para la Administración tributaria y se emiten a instancias de las empresas, de manera que los gastos que ellas realicen en proyectos o actividades que sean considerados en tales informes como de investigación, desarrollo e innovación dan derecho automático a la aplicación de las deducciones fiscales previstas en la Ley del Impuesto sobre Sociedades.

De acuerdo con la normativa vigente, cuando las empresas solicitan a los órganos administrativos competentes la emisión de un informe motivado, deben acompañar en su solicitud un informe técnico realizado por una entidad acreditada por la Entidad Nacional de Acreditación (ENAC), en el que se califiquen las actividades y se identifiquen los gastos e inversiones asociadas a I+D+i. Sin embargo, con la nueva regulación que se propone en este Real Decreto, cuando los informes motivados corresponda realizarlos al CDTI, se exime al solicitante del requisito de presentar ese informe técnico, puesto que dicho Organismo cuenta con personal cualificado para realizarlo.

Asimismo, la presentación de dicho informe técnico podrá no ser necesaria cuando el órgano competente para emitirlos así lo determine, una vez que se haya presentado la correspondiente solicitud. ■



# CERTIFICACIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS DE NUEVA CONSTRUCCIÓN

Los edificios de nueva construcción deberán disponer de la Certificación de Eficiencia Energética. Con esta medida se pretende favorecer una mayor transparencia del mercado inmobiliario y fomentar las inversiones en ahorro de energía, potenciando así la demanda de la calidad energética entre los compradores de viviendas.

Los edificios de nueva construcción y los que se rehabiliten o se proyecten a partir del año 2007 deberán disponer obligatoriamente de la Certificación de Eficiencia Energética según contempla el Real Decreto (RD) aprobado el pasado 19 de enero en el Consejo de Ministros. Esta norma complementa al Código Técnico de la Edificación (CTE). A cada edificio le será asignada una clasificación energética en función de su mayor o menor eficiencia. Esta medida no afectará, por el momento, a los edificios existentes que no vayan a ser objeto de una gran reforma, cuya certificación se regulará próximamente.

Este RD complementa el nuevo marco normativo sobre eficiencia energética de la edificación iniciado, hace unos meses, con la aprobación del Código Técnico de la Edificación, impulsado por el Ministerio de Vivienda, y forma parte de las medidas de desarrollo del Plan de Acción de la Estrategia Española de Ahorro y Eficiencia Energética para el sector de la edificación impulsado por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, a través del Instituto para la Diversificación y el Ahorro Energético (IDAE), y transpone parcialmente la Directiva 2002/91/CE de Eficiencia Energética de los Edificios.

Este texto reglamentario impone, por otra parte, la obligación de entregar a los compradores de las viviendas, o a quienes las alquilen, un certificado de eficiencia energética que les permita conocer las características del edificio para poder evaluar y comparar éste antes de la compra-venta o el arrendamiento.

El certificado se emitirá tanto en el momento de ser proyectados como después de ser construidos, e irá acompañado de una "etiqueta de eficiencia energética", similar a las ya utilizadas en otros productos de consumo doméstico, como electrodomésticos, lámparas y vehículos. Esta etiqueta estará incluida en toda la publicidad utilizada en la venta o arrendamiento del edificio, conforme a un modelo aprobado.

A cada edificio le será asignada una clase energética, de acuerdo con una escala de siete letras y siete colores que van desde el edificio más eficiente (clase A) al edificio menos eficiente (clase G). La valoración de esta escala se hará en función del CO<sub>2</sub> emitido por el consumo de energía de las instalaciones de calefacción, refrigeración, agua caliente sanitaria e iluminación del edificio.

**Calificación Energética de Edificios proyecto/edificio terminado**

---

Más

A

B

C

D

E

F

G

Menos

---

Edificio: \_\_\_\_\_

Localidad/Zona climática: \_\_\_\_\_

Consumo Energía Anual: \_\_\_\_\_ Kw h/año  
 \_\_\_\_\_ Kw h/m<sub>2</sub>

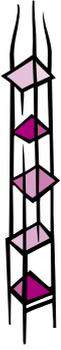
Emissiones de CO<sub>2</sub> Anual: \_\_\_\_\_ Kg CO<sub>2</sub>/año  
 \_\_\_\_\_ Kg CO<sub>2</sub>/m<sub>2</sub>

El Consumo de Energía y sus Emisiones de Dióxido de Carbono son los obtenidos por el Programa \_\_\_\_\_ para unas condiciones normales de funcionamiento y ocupación.

El Consumo real de Energía del Edificio y sus Emisiones de Dióxido de Carbono dependerán de las condiciones de operación y funcionamiento del edificio y de las condiciones climáticas, entre otros factores.

zuncho · MARZO · Nº 11

29



## NOTICIAS

Así, por ejemplo, un edificio con una clase de eficiencia energética B significará que tiene una reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> emitido como consecuencia de un menor consumo de energía entre el 35% y el 60% de las que tendría un edificio que cumpliera con los mínimos que exige el CTE. Este porcentaje de ahorro debería ser superior al 60% si la clase de eficiencia energética fuera la máxima, es decir, la clase A.

La responsabilidad de certificar energéticamente un edificio recae, en primer lugar, en el proyectista del inmueble. Mediante un programa informático desarrollado al efecto, denominado "Calener", o programas alternativos que hayan sido validados, se simulará el comportamiento energético del edificio durante todo el año, en unas condiciones de uso determinadas, considerando aquellos factores que más influyen en el consumo como las condiciones meteorológicas, la envolvente del edificio o su orientación, las características de las instalaciones de calefacción, agua caliente sanitaria o iluminación entre otras.

En función del resultado se le asignará una clase de eficiencia energética determinada.

Una vez construida la edificación, se comprobará la conformidad de esta calificación energética obtenida en la fase de proyecto con la del edificio realmente ejecutado. Con este objetivo, las Comunidades

Autónomas, establecerán el alcance y las características de los controles externos que se deban realizar sobre el edificio, a fin de garantizar la veracidad de esta certificación energética. Por último, el certificado de eficiencia energética del inmueble construido se incorporará oficialmente al Libro del Edificio.

El certificado tendrá una validez máxima de diez años, siendo cada comunidad autónoma la que deberá establecer las condiciones específicas para proceder a su renovación o actualización.

Como puede verse, este Real Decreto presenta algunos aspectos que deben estudiarse en profundidad, como es la circunstancia de que el propio autor del proyecto certifique la eficiencia de la solución adoptada, en lugar de una tercera parte independiente, o que haya aspectos futuros de cierto calado que deban ser regulados por las Comunidades Autónomas, como la renovación de los certificados por parte de los propietarios de los inmuebles. ¿Quién la llevará a cabo? ¿Qué criterios se utilizarán? ¿Serán válidos los mismos programas de evaluación? Estos aspectos y algunos más serán objeto de un análisis detallado en el próximo número de nuestra revista. ■



**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: \_\_\_\_\_

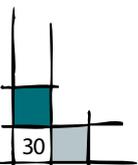
Empresa: \_\_\_\_\_

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.*



# SEGURIDAD FRENTE AL FUEGO UTILIZANDO HORMIGÓN

*Coincidiendo con el 2º aniversario del incendio del edificio Windsor la Plataforma Tecnológica Española del Hormigón (PTEH) y el Instituto para la Promoción de Armaduras Certificadas (IPAC) han organizado un conjunto de Jornadas por toda la geografía española, cuyo objetivo es transmitir la seguridad que las estructuras de hormigón proporcionan ante la acción del fuego.*

Uno de los edificios más emblemáticos de Madrid, el rascacielos Windsor, situado en el corazón financiero de la capital, fue devorado por el fuego que se inició el 12 de febrero de 2005 en su planta 21.

Durante horas, el suceso fue cubierto por las televisiones nacionales, locales y autonómicas, y millones de españoles fueron testigos de la destrucción de un coloso, que supo mantenerse en pie hasta el final.

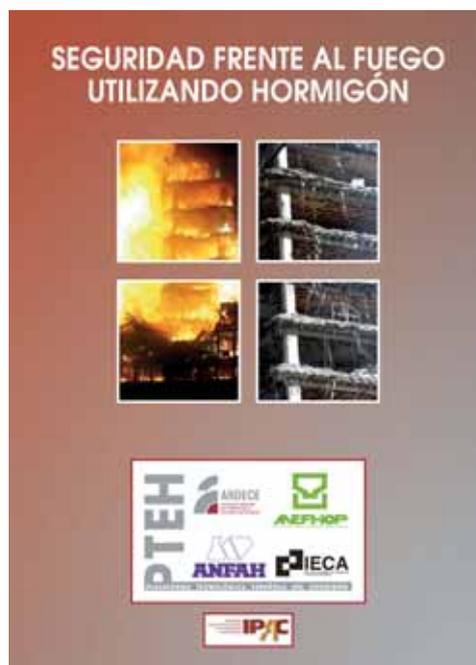
Rápidamente surgieron las comparaciones con otro suceso de características muy diferentes: el atentado a las Torres Gemelas de Nueva York el 11 de septiembre de 2003.

¿Por qué no se produjo el derrumbamiento de este edificio madrileño? La tipología y naturaleza de su estructura resistente tuvo, sin lugar a dudas, un papel protagonista.

Los estudios realizados con posterioridad al suceso han puesto de manifiesto que durante horas la estructura principal estuvo sometida a temperaturas muy cercanas a 1.000 °C, que no fueron suficientes para alterar su estabilidad hasta el punto de producir su colapso, ni para reducir drásticamente su resistencia

mecánica, como pusieron de manifiesto los posteriores trabajos de desmontaje del edificio.

La conclusión final ha sido que las estructuras de hormigón son prácticamente inalterables ante la situación de fuego, incluso en situaciones muy severas, proporcionando protección y seguridad para las personas, los bienes y el medio ambiente.

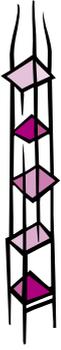


Los resultados de las investigaciones efectuadas, las opiniones de los cuerpos de bomberos y las consideraciones de las compañías de seguros, son algunos de los temas que se debaten en las Jornadas organizadas por la Plataforma Tecnológica Española del Hormigón (PTEH) y el Instituto para la Promoción de Armaduras Certificadas (IPAC), que se celebrarán por toda la geografía española.

La primera de estas Jornadas ha tenido lugar en Valencia el pasado 27 de febrero, estando prevista la repetición de las mismas en Sevilla (7 de

marzo), Zaragoza, Barcelona, Tenerife, Las Palmas, Santander, Santiago, Oviedo, Mérida, Ciudad Real, Granada, Madrid y Valladolid.

Para una mayor información, puede consultarse la web de los organizadores ([www.andece.org](http://www.andece.org); [www.anefhop.com](http://www.anefhop.com); [www.anfah.org](http://www.anfah.org); [www.ieca.es](http://www.ieca.es); [www.ipac.es](http://www.ipac.es)). ■



## NOTICIAS

# NOMBRAMIENTOS

## HUGO CORRES PEIRETTI, ELEGIDO MIEMBRO DEL PRESIDIO DE FIB

*El prestigioso ingeniero español ha sido elegido miembro del Presidium de la Federación Internacional del Hormigón (fib) para el periodo 2007-2010. Esta organización es la más prestigiosa, a nivel mundial, en la investigación y desarrollo del hormigón estructural.*

Hugo Corres, Catedrático de la Escuela Técnica Superior de Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos de Madrid se ha destacado a nivel mundial por sus estudios e investigaciones sobre los efectos de segundo orden en los elementos estructurales, así como los efectos de la fluencia y la retracción en el comportamiento de las estructuras.



Coordinador y ponente general de la actual Instrucción Española de Hormigón Estructural (EHE) ha formado parte del comité de expertos que ha elaborado el actual Eurocódigo de Estructuras de Hormigón (Eurocódigo 2), y ha sido presidente de la Asociación Científica Técnica del Hormigón Estructural (ACHE) en el periodo 2002-2005, habiendo sido galardonado con la medalla de esta Asociación en el año 1999.

El profesor Corres es también miembro de otras prestigiosas organizaciones nacionales e internacionales, labor que compagina con la de ingeniero proyectista en FHECOR Ingenieros Consultores, de la que es presidente. Numerosos proyectos y obras singulares avallan el buen hacer y conocimiento de este gran ingeniero.

## CÉSAR LUACES FRADES TOMA EL RELEVO AL FRENTE DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE ANEFA

*Desde comienzos de este año, César Luaces Frades, hasta ahora Director Técnico de la Asociación Nacional de Empresarios Fabricantes de Áridos (ANEFA), asume la Dirección General de dicha organización en sustitución de Rafael Fernández Aller.*



Nacido en San Sebastián (Guipúzcoa) en 1965, César Luaces Frades es Ingeniero de Minas (Especialidad en Energía y Combustibles), por la E. T. S. I. Minas de Oviedo. Desde el año 1995 está ligado a la Asociación, en la que ha desempeñado los cargos de

coordinador de seguridad y medio ambiente, entre 1997 y 2003, año en el que asume la Dirección Técnica.

Su experiencia y conocimiento del sector y del entorno empresarial hacen que haya sido la persona elegida, por la Junta Directiva de ANEFA para potenciar a la Asociación y a la industria extractiva de los áridos, siguiendo la senda de éxito que ha afianzado a ANEFA como una referencia en España y en Europa.

Esta Asociación sectorial cuenta con 500 empresas miembro, aglutina a cerca de 650 explotaciones mineras y tiene un desarrollo territorial en toda España, a través de 40 Agrupaciones Empresariales territoriales —AFAs— y tres Asociaciones autonómicas miembro. ■



## CONSTRUYENDO UN MUNDO DE CALIDAD

Mediante la certificación de AENOR  
su organización demuestra la calidad de sus productos,  
la eficacia de su gestión, su respeto por el medio ambiente,  
su compromiso con la seguridad,  
su preocupación por construir un mundo accesible para todos.  
Un mundo para disfrutar de la mayor calidad de vida.



# FERRA PLUS

## Empresas que han obtenido la marca



Armacentro, S.A.  
Cesáreo Munera, S.L.  
Elaboración y Montajes de Armaduras, S.A.  
Elaborados Férricos, S.A. – Bonavista  
Elaborados Férricos, S.A. – L' Arboc  
Ferralla Gastón, S.A.  
Ferrallados J. Castillo, S.L.  
Ferrallas Albacete, S.A.  
Ferrallas Haro, S.L.  
Ferrallas JJP Maestrat, S.L.  
Ferrallats Armangué, S.A.  
Ferrallats Can Prunera, S.L.  
Ferrobérica, S.L.  
Ferrofet Catalana, S.L.  
Ferros La Pobla, S.A.  
FORMAC, S.A.  
Hierros Ayora, S.L.  
Hierros del Noroeste, S.L.  
Hierros del Pirineo, S.A.  
Hierros Turia, S.A.  
Hierros Godoy, S.A.  
Hierros Huesca, S.A.  
Hierros Lubesa, S.L.  
Hierros Santa Cruz Santiago, S.L.  
Hierros Uriarte, S.L.  
Hierros y Aceros de Mallorca, S.A.  
Hierros y Montajes, S.A.  
Hijos de Lorenzo Sancho, S.A.  
Jesús Alonso Rodríguez, 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.

... mucho más que ferralla certificada