



## EN PORTADA

### SEPARADORES PARA HORMIGÓN ESTRUCTURAL

## REPORTAJES

*Evolución del Acero  
para Hormigón Armado*

*3<sup>er</sup> Congreso Nacional  
de Ingeniería Sísmica*

# FERRA PLUS

## Empresas que han obtenido la marca



Armacentro, S.A.  
Armalla, S.L.  
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 Core, 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 Godoy, S.A.  
Hierros Huesca, S.A.  
Hierros Lubesa, S.L.  
Hierros Santa Cruz Santiago, S.L.  
Hierros Turia, S.A.  
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

# Sumario

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

#### DIRECTOR DE LA PUBLICACIÓN:

Julio José Vaquero García

#### 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.*

## 2 EN PORTADA

- Separadores para hormigón estructural.

## 18 REPORTAJES

- Evolución del acero para el hormigón armado.
- Tercer Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica.

## 33 NOTICIAS

- Ferrallados Core, S.A. obtiene la marca FerraPlus.
- El sector de la construcción muestra toda su pujanza en FIRAMACO.
- Monografía ARCER Nº 5: *Confinamiento y Ductilidad de los Edificios de Hormigón Armado.*
- El sector del acero español cerró el año 2006 con cifras récord.
- El consumo nacional de cemento se modera con 28,6 millones de toneladas.



# SEPARADORES PARA HORMIGÓN ESTRUCTURAL

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

**L**os separadores, también conocidos como distanciadores, son elementos empleados en la técnica del hormigón estructural con una misión fundamental: garantizar la posición de la armadura con relación a los encofrados o moldes, proporcionando así un adecuado recubrimiento y protección a las mismas.

La utilización de separadores tiene una amplia tradición en países como Estados Unidos o el Reino Unido, pero de muy reciente aplicación en nuestro país. De hecho, hasta hace menos de 10 años su utilización se reducía prácticamente a la prefabricación, donde las tolerancias son muy ajustadas y es preciso evitar que se produzcan daños en los moldes para garantizar su reutilización y el adecuado acabado de las piezas.

Los primeros intentos para que el sector de la construcción comenzase a utilizar estos dispositivos, tratando de mejorar la durabilidad de las estructuras, comienzan en el Grupo Español del Hormigón (GEHO) que publica la traducción de un documento de la Comisión Permanente VII "Armaduras: Tecnología y Control de Calidad" del C.E.B. sobre recomendaciones para el empleo de separadores, calzos y atado de armaduras [3].

Este documento tuvo una enorme influencia entre los técnicos responsables de la elaboración de la reglamentación técnica en materia de hormigón estructural, incorporándose la obligación del uso de separadores en la Instrucción EHE [1] aprobada en el año 1998.

Desde entonces el empleo de separadores ha ido aumentando y popularizándose su utilización haciendo que proliferen todo tipo de productos, sistemas y dispositivos con una eficacia y operatividad muy diferentes, lo que pone de manifiesto la ne-

cesidad de regular su utilización y sus características, con el fin de obtener los mejores resultados.

El objeto de este artículo es reunir, de alguna forma, el estado del arte sobre separadores y distanciadores, con el fin de que los técnicos responsables tengan un conocimiento básico sobre los mismos y puedan adoptar la mejor decisión a la hora de elegir el tipo a utilizar o la forma en la que hay que disponerlos.

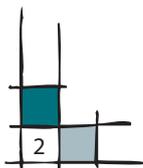
## EL RECUBRIMIENTO

Para comprender mejor la importancia y significación que pueden llegar a tener los separadores en un elemento de hormigón estructural es conveniente repasar algunos conceptos básicos.

El primero de ellos sería el recubrimiento, que se define como *"la distancia entre la superficie exterior de la armadura (incluyendo cercos y estribos) y la superficie del hormigón más cercana"*.

El objeto del recubrimiento es tratar de proporcionar una protección adecuada a las armaduras de acero embebidas en el hormigón. Esta protección se logra mediante la suma de diversos factores:

***"Los separadores son los dispositivos responsables de garantizar el recubrimiento de las armaduras"***



- La calidad adecuada del hormigón, obtenida a través de su composición: tipo y cantidad de cemento, relación agua/cemento, etc.; y de su puesta en obra: vertido, compactación y curado.
- Un espesor suficiente que retrase en el tiempo la llegada de los agentes agresivos hasta el acero. El período durante el cual el hormigón del recubrimiento protege a las armaduras es función del cuadrado de su espesor; esto conlleva que una disminución del recubrimiento a la mitad de su valor se traduzca en un período de protección de la armadura reducido a la cuarta parte.
- Un espesor adecuado al tamaño máximo del árido utilizado en la confección del hormigón y al diámetro de la armadura principal, para evitar que se produzcan coqueas y nidos de grava que dejen a la armadura expuesta a la acción directa de los agentes agresivos. Por esta razón, el espesor del recubrimiento no puede ser nunca inferior al diámetro de la armadura principal (o diámetro equivalente si se disponen grupos de barras), ni a 0,80 veces el tamaño máximo del árido utilizado, valor que ha de aumentarse hasta 1,25 si la disposición de las armaduras dificulta el paso del hormigón en la zona de los paramentos.

## “El objeto del recubrimiento es proporcionar una protección adecuada a las armaduras”

- La limitación de la fisuración en las piezas sometidas a flexión.

En el proyecto se especifica un valor nominal del recubrimiento, que es el resultado de la suma del recubrimiento mínimo que es preciso garantizar a la armadura, y de una tolerancia —denominada margen de recubrimiento— que tiene en cuenta el tipo de control de ejecución que se está llevando a cabo en el elemento, y que adopta el valor de 10 mm en los casos normales, 5 mm para el caso de nivel de control de ejecución intenso y 0 mm para elementos prefabricados.

$$r_{\text{nom}} = r_{\text{mín}} + \Delta r$$

El valor del recubrimiento mínimo que contempla la Instrucción EHE [1] es función del tipo de ambiente agresivo al que está expuesto el elemento, y adopta los valores indicados en la Tabla 1.

Por lo tanto, el valor del recubrimiento está íntimamente relacionado con la durabilidad de los elementos de hormigón, y también con los preceptivos conceptos de sostenibilidad que se están imponiendo en todas las reglamentaciones españolas, y que recogerá también la nueva Instrucción de Hormigón Estructural que se está elaborando en estos momentos.

Tabla 1.- Recubrimientos mínimos prescritos por la Instrucción EHE (Art. 37.2.4). [1]

Resistencia característica del hormigón (N/mm <sup>2</sup> )	Tipo de elemento	Recubrimiento mínimo (mm) según la clase de exposición*							
		I	IIa	IIb	IIIa	IIIb	IIIc	IV	Q <sub>a</sub> **
25 ≤ f <sub>ck</sub> < 40	General	20	25	30	35	35	40	35	40
	Elementos prefabricados y láminas	15	20	25	30	30	35	30	35
f <sub>ck</sub> ≥ 40	General	15	20	25	30	30	35	30	35
	Elementos prefabricados y láminas	15	20	25	25	25	30	25	30

(\*) El espesor del recubrimiento no se verá afectado en el caso de que a la clase de exposición general se le añada una clase de exposición específica tipo H, F ó E.

(\*\*) Para tipos generales de exposición Q<sub>b</sub> y Q<sub>c</sub> el proyectista es el responsable de fijar el valor mínimo de recubrimiento capaz de garantizar la adecuada protección de las armaduras.



## EN PORTADA

En efecto, la versión 0 de la revisión de la nueva Instrucción [2], a la que de forma resumida nos vamos a referir como EHE-0, establece como pilar fundamental de la sostenibilidad de las estructuras de hormigón el poder garantizar para las mismas una dilatada vida de servicio, entendida como el periodo de tiempo durante el cual las exigencias básicas de la estructura se mantienen en unos niveles aceptables, realizándose actuaciones de conservación ordinaria que no impliquen operaciones de rehabilitación.

Aunque la duración de esta vida útil la ha de definir la propiedad, la EHE-0 adelanta unos ejemplos concretos en los que este periodo de tiempo pueda estar comprendido entre 3 años, para las estructuras de carácter temporal, hasta los 100 años para puentes de más de 10 metros de longitud —en la práctica, todos— u otras estructuras de ingeniería civil de repercusión económica alta. En el caso de edificios residenciales y oficinas el periodo de vida útil establecido es de 50 años, que se eleva hasta 75 años si se trata de edificios públicos.

Para alcanzar esta vida útil existen distintas estrategias, pero la EHE-0 apuesta de forma decisiva por la composición del hormigón y los espesores de recubrimiento, introduciendo como novedad la distinción entre tipos de cemento con mayor o menor nivel de protección en función de su naturaleza.

Los espesores de recubrimiento para vidas útiles superiores a 50 años y ambientes que puedan producir la corrosión de las armaduras por presencia de cloruros —es decir, todas aquellas estructuras situadas a una distancia inferior a 5 km de la costa— son bastante elevados, lo que hará indispensable el empleo de separadores que garanticen la posición de las armaduras.

### LOS SEPARADORES

Los separadores son los dispositivos responsables de garantizar el recubrimiento de las armaduras, y normalmente se encuentran dispuestos entre ésta y el encofrado.

➔ **Tabla 2.- Recubrimientos mínimos propuestos por la EHE-0 [2] para hormigón armado.**

Clase de exposición	Tipo de cemento	Resistencia característica del hormigón (N/mm <sup>2</sup> )	Vida útil de proyecto (años)					
			10	15	25	50	75	100
I	Cualquiera	$f_{ck} \geq 25$	10	10	10	15	20	25
IIa	CEM I	$25 \leq f_{ck} < 40$	10	10	10	15	20	25
		$f_{ck} \geq 40$	10	10	15	20	25	30
	Otros tipos o empleo de adiciones	$25 \leq f_{ck} < 40$	10	10	10	15	20	25
		$f_{ck} \geq 40$	10	10	15	20	25	30
IIb	CEM I	$25 \leq f_{ck} < 40$	10	10	10	15	20	25
		$f_{ck} \geq 40$	10	15	20	25	30	35
	Otros tipos o empleo de adiciones	$25 \leq f_{ck} < 40$	10	10	15	20	25	30
		$f_{ck} \geq 40$	10	10	10	15	20	25
IIIa	CEM III, CEM IV, CEM II/B, CEM II/A-D o empleo de adiciones	—	15	15	20	30	35	40
	Resto de cementos	—	30	35	45	60	*	*
IIIb y IV	CEM III, CEM IV, CEM II/B, CEM II/A-D o empleo de adiciones	—	20	20	25	35	40	45
	Resto de cementos	—	35	40	50	70	*	*
IIIc	CEM III, CEM IV, CEM II/B, CEM II/A-D o empleo de adiciones	—	20	20	30	40	45	55
	Resto de cementos	—	40	45	55	*	*	*

(\*) Estas situaciones obligarían a unos recubrimientos excesivos, desaconsejables desde el punto de vista de la ejecución del elemento.

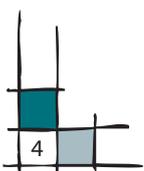




Figura 1.- Tipos de separadores

**Tipos de separadores**

Existe una amplia gama de separadores en el mercado. No obstante, puede hacerse una primera clasificación de los mismos que se recoge a continuación.

- *Separadores tipo lineal*, generalmente de sección constante, ideados para sostener la armadura inferior en losas, y con una geometría tal que impide su vuelco.
- *Separadores individuales*, que se fijan a las barras mediante grapado (clip) o mediante atado de alambre. Entre ellos hay que distinguir los de tipo rueda, que proporcionan el mismo recubrimiento en todas direcciones.

- *Separadores extremos*, que se ajustan a los extremos de las barras rectas.

Además, hay que considerar los calzos, que son otro tipo de separadores de mayor altura destinados fundamentalmente a sostener la armadura superior en losas o para separar las capas de armadura en los muros. Suelen ser de acero, dado que han de soportar grandes cargas, y pueden ser individuales o continuos.

**Propiedades de los separadores**

Los separadores han de reunir una serie de propiedades para poder ser considerados como tales:

- Han de haber sido específicamente diseñados para su fin, presentando la resistencia y rigidez necesarias para ello.
- Deben estar constituidos por materiales resistentes a la alcalinidad del hormigón y no inducir corrosión de las armaduras.
- Deben ser, al menos, tan impermeables al agua como el hormigón.
- Deben ser resistentes a los ataques químicos a los que se pueda ver sometido al estar embebido en el hormigón.

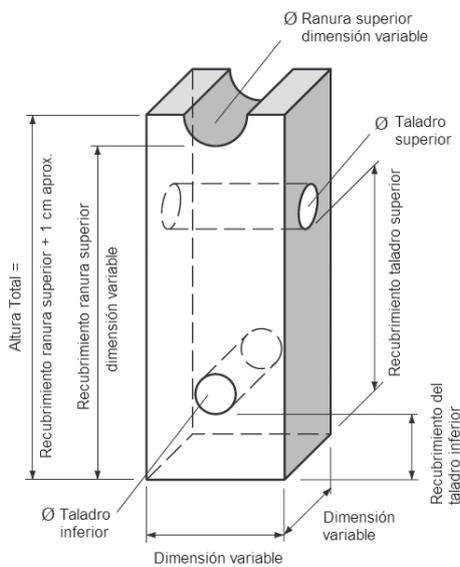


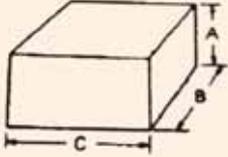
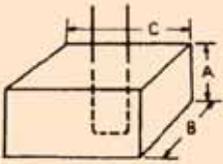
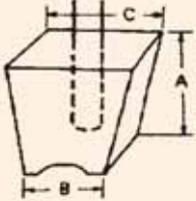
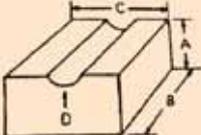
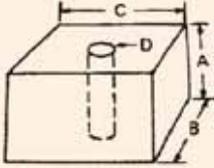
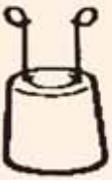
Figura 2.- Esquema tipo de separador perforado.

**“Un separador debe proporcionar un único valor de recubrimiento, evitando así confusiones en su colocación”**



## EN PORTADA

⇒ **Tabla 3.-** Tipos y dimensiones habituales de los separadores de hormigón [6].

Designación	Esquema del separador	Tipo	Tamaños	Descripción
PB		En masa	A – 20 a 150 mm B – 50 a 150 mm C – 50 a 1200 mm	Se emplean para separar las armaduras del fondo del encofrado en losas y forjados. Cuando su longitud (dimensión C) supera los 40 cm es recomendable disponer un alambre en su interior para evitar su rotura.
WB		Con alambre	A – 20 a 100 mm B – 50 a 75 mm C – 50 a 75 mm	Vienen equipados, por lo general, con dos alambres de 1,3 mm de diámetro. Se emplean como separadores en paramentos verticales o en posiciones donde es preciso que queden sujetos a la armadura.
TWB		Cónicos con alambre	A – 20 a 75 mm B – 20 a 60 mm C – 35 a 75 mm	Similares a los WB. Se emplean cuando quiere minimizarse el contacto con el encofrado.
CB		Mixto	A – 50 a 100 mm B – 50 a 100 mm C – 50 a 100 mm D - Ø 10 a 16 mm	Normalmente utilizado en posición horizontal.
DB		Perforado	A – 75 mm B – 75 a 130 mm C – 75 a 130 mm D - Ø 12 mm	Soporta armaduras superiores, o bien las del fondo de capa. Generalmente se introduce una barra por el taladro dispuesto en el separador.
DSSS		Separador lateral con alambre	Proporciona recubrimientos de 50 a 150 mm	Se emplea para proporcionar el alineamiento en las armaduras que se introducen en pilotes y pantallas. El alambre es de 1,3 mm de diámetro, aumentando a 2,9 mm para recubrimientos de 120 a 150 mm, disponiéndose dos parejas de alambres en los extremos del separador.
DSBB		Separador extremo con alambre	Proporciona recubrimientos de 50 a 150 mm	Al igual que en los anteriores, se emplea en pilotes y pantallas para separar la armadura del fondo. Su altura es 50 mm superior al recubrimiento que proporciona para permitir el alojamiento de la barra.

## “Los separadores han de haber sido específicamente diseñados para su fin”

Los separadores pueden ser de hormigón, mortero, plástico rígido o metálicos, debiendo reunir una serie de características específicas según el caso.

### **Separadores de hormigón**

Si los separadores son de hormigón o mortero, éste debe presentar unas características de resistencia, permeabilidad, higroscopicidad, dilatación térmica, etc., comparables a las del hormigón (o mortero contenido en el hormigón) utilizado en la construcción de la pieza.

En el caso de utilizar fibras en su composición, para reducir posibles roturas y deterioros durante su empleo, ha de evitarse que éstas puedan ser de amianto. Este tipo de separadores presenta la ventaja de poder ofrecer una gran tenacidad y un peso reducido, además de una gran resistencia a compresión sin experimentar deformaciones por efecto de las cargas o de las variaciones térmicas, asegurando el valor del recubrimiento así como una adecuada resistencia a la posible acción del fuego.

Por lo general, existen tres tipos de separadores de hormigón: (1) en masa, (2) con alambre y (3) perforados.

Los separadores en masa se emplean básicamente en losas y soleras para soportar la armadura inferior. Pueden ser individuales o de tipo lineal. Éstos últimos suelen presentar una sección uniforme (cuadrada o triangular) que proporciona el mismo recubrimiento en cualquier posición facilitando así su empleo. Los que van equipados con alambre suelen disponerse

para garantizar el recubrimiento en paramentos verticales y en todas aquellas aplicaciones en las que sea preciso garantizar su posición. Normalmente presentan dos alambres de 1,3 mm de diámetro dispuestos en su centro. Por último, los separadores perforados suelen presentar un orificio en su centro, por el que puede introducirse una barra de hasta 12 mm de diámetro, así como una ranura en su parte superior que facilita el apoyo de las barras. Suelen emplearse para apoyar capas de armadura superiores sobre el fondo del encofrado o sobre barras intermedias.

Los tipos y tamaños más usuales de los separadores de hormigón se recogen en la Tabla 3.

### **Separadores de plástico**

Si los separadores son de plástico es preciso asegurar un adecuado enlace con el hormigón de la pieza. Para ello, se recomienda que presente orificios por los que pueda penetrar la pasta de cemento. Asimismo, la presencia de estos orificios compensa la diferencia existente entre los coeficientes de dilatación térmica del plástico y del hormigón, razón por la que se fija que la sección total de éstos sea al menos equivalente al 25% de la superficie total del separador [7].

Este tipo de separador es particularmente aconsejable en situaciones de exposición a ambientes agresivos moderados a severos proporcionando una excelente protección frente a la corrosión, pudiéndose utilizar con todo tipo de barras: de acero desnudo, galvanizadas o recubiertas con epoxi.

Sin embargo, este tipo de separadores no es recomendado por algunos organismos, como el DVGW (Deutsche Vereinigung des Gas – und Wasserfaches<sup>(\*)</sup>) que en su especificación técnica W311 —Suministro de agua. Requisitos para armaduras y separadores— prohíbe el empleo de separadores de PVC debido a que no garantizan en todos los casos una adecuada adherencia con el hormigón endurecido pudiendo provocar una infiltración de agua a lo largo de la superficie de contacto entre el separador y el hormigón.

<sup>(\*)</sup> Asociación científico-técnica Alemana del Gas y el Agua.



## EN PORTADA

⇒ **Tabla 4.-** Tipos y dimensiones habituales de los separadores de plástico [6].

Designación	Esquema del separador	Tipo	Tamaños	Descripción
BS		Separador de pie	Altura, de 20 a 150 mm	Normalmente utilizado para armaduras horizontales. No recomendado en acabados de árido expuesto.
BS-CL		Separador de pie	Altura, de 20 a 50 mm	Normalmente utilizado para armaduras horizontales a las que se fija mediante un efecto grapa. No recomendado en acabados de árido expuesto.
HC		Calzo	Altura, de 20 a 130 mm	Para losas o paneles.
HC-V		Calzo variable	Altura, de 60 a 160 mm	Para armaduras horizontales y verticales.
WS		Rueda	Recubrimiento de 10 a 75 mm	Para armaduras verticales. Especialmente indicado para pilares. Tiene acción grapa y proporciona un mínimo contacto con el encofrado.
DSWS		Separador lateral para cimentaciones	Recubrimiento de 60 a 150 mm	Empleado para la alineación de las armaduras de pilotes y pantallas. Formado por dos piezas independientes que se cierran y se fijan a los estribos o al zuncho perimetral.
VLWS		Rueda con cierre	Recubrimiento de 20 a 150 mm	Válido para armaduras verticales, pantallas y pilotes, y en general en todas aquellas aplicaciones en las que haya grandes cargas. Sus entallas superficiales proporcionan un contacto mínimo mientras mantiene la tolerancia requerida.

### **Separadores metálicos**

Si los separadores son metálicos hay que evitar que puedan dañar los encofrados, para lo cual hay que procurar que sus puntos de apoyo estén curvados o redondeados, para evitar que se claven, o bien protegidos mediante caperuzas de plástico.

En el caso de curvarse los extremos del separador el sistema consiste en realizar un gancho cuyo extremo quede, al menos, unos 3 mm por encima del punto de apoyo. Cuando se dispone un "botón" en los extremos, su diámetro debe ser como mínimo 1,5 veces el

## “El empleo de separadores metálicos está prohibido cuando los paramentos queden vistos”

diámetro del alambre de la pata y quedar, como en el caso anterior, al menos 3 mm por encima del punto de apoyo. Por último, en el caso de emplear caperuzas de plástico hay que comprobar que no se desprenden, que no se fisuran y que no se rompen o pelan en las condiciones de trabajo usuales.

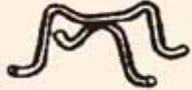
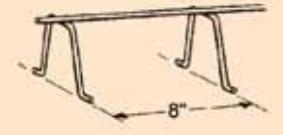
En el caso de la práctica española, el empleo de separadores metálicos está prohibido en aquellos casos en los que los paramentos vayan a quedar vistos.

Los separadores metálicos se confeccionan a partir de alambre liso de distintos diámetros, que puede o no estar recubierto para prevenir su corrosión, bien mediante plástico, galvanización o recubrimientos epoxi, o bien pueden confeccionarse a partir de alambre inoxidable.

### Dimensiones y geometría

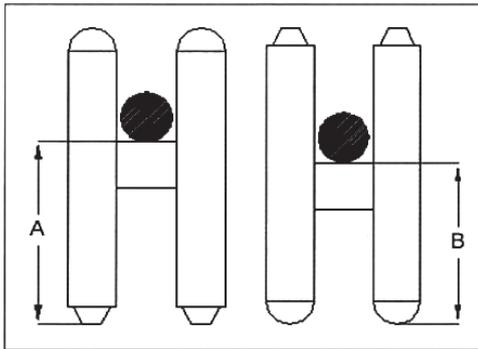
Como regla de buena práctica, un separador debe proporcionar un único valor de recubrimiento, evitando así confusiones en su colocación.

Tabla 5.- Tipos y dimensiones habituales de los separadores metálicos [6].

Designación	Esquema del separador	Tipo	Tamaños	Descripción
SB		Soporte para losa	20 a 50 mm de altura, por 125 a 250 cm de longitud	El alambre superior puede ser corrugado, de 5 mm de diámetro. Las patas, de alambre liso, han de tener un diámetro de al menos 4 mm. La separación entre patas no debe ser superior a los 130 mm.
BB		Soporte para viga	25 a 130 mm de altura, con longitudes de hasta 125 cm	En la imagen se ha dispuesto con caperuzas en las patas. La separación entre éstas no debe superar los 75 mm. El diámetro del alambre varía, según su tamaño, entre 3,5 y 5 mm.
BC		Soporte individual	Altura, de 20 a 50 mm	Alambre de 3,5 mm.
JC		Soporte vigueta	Altura, de 20 a 50 mm y longitud de 100 a 150 mm	Alambre de 5 mm.
HC		Calzo	Altura, de 50 a 400 mm	Cuando la altura del calzo supere los 300 mm han de reforzarse sus patas mediante la disposición de un cerco de alambre que encierre a todas ellas. El diámetro del alambre en estos casos ha de ser de 8 mm.
CHC		Calzo continuo	Altura, de 50 a 400 mm, y longitud de 125 a 250 cm.	El alambre superior puede ser corrugado, de 6,5 mm de diámetro. Las patas deben presentar una inclinación con la vertical no superior a 20° y su separación no debe exceder los 200 mm, ni quedar a menos de 100 mm del extremo del calzo. El tamaño del alambre depende del tamaño del calzo y varía entre 5 y 8 mm.



## EN PORTADA

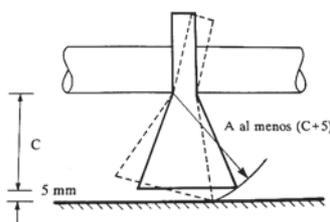


⇒ **Figura 3.-** Ejemplo de un separador con dos posibles posiciones de trabajo. Obsérvese como la diferencia puede ser pequeña aumentando el riesgo de confusión en su colocación.

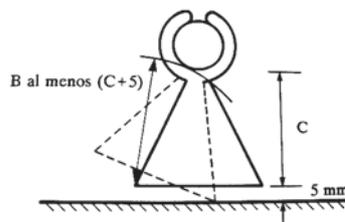
La tolerancia de fabricación en la altura del separador debe ser de  $\pm 1$  mm, para recubrimientos de hasta 75 mm de espesor, y de  $\pm 2$  mm para recubrimientos mayores.

Los separadores sujetos con alambre deben tener una dimensión mínima de al menos 20 mm en la dirección de la barra que van a sujetar, y en la dirección perpendicular deben tener al menos una dimensión de 0,75 veces la dimensión del recubrimiento que proporcionan.

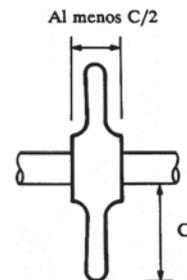
Para los separadores tipo rueda, que se sujetan mediante grapado, su espesor debe ser igual o mayor a la mitad del recubrimiento que proporcionan. Para otros separadores, también del tipo clip, es preciso comprobar su estabilidad. Para ello, será suficiente con verificar que si se produce su rotación, tanto en dirección perpendicular como paralela a la barra, proporcionan un recubrimiento al menos 5 mm mayor al requerido.



a) Radio A necesario para evitar deslizamientos.



b) Radio B necesario para evitar el giro.



c) Dimensiones mínimas del espesor de un separador tipo rueda.

⇒ **Figura 4.**

**“Una distancia excesiva entre separadores aumenta el riesgo de deformación de la armadura”**

En el caso de calzos individuales de acero, las patas adyacentes deben estar separadas entre sí al menos la mitad de la altura especificada.

Por último, para separadores de tipo lineal es recomendable que su longitud no supere el mayor de los siguientes valores:

- 350 mm;
- 2 veces el canto del elemento estructural,
- 0,25 veces la anchura del elemento estructural.

## RECOMENDACIONES PARA LA ELECCIÓN DE LOS SEPARADORES

A la hora de seleccionar un tipo de separador es aconsejable tener en cuenta los siguientes aspectos:

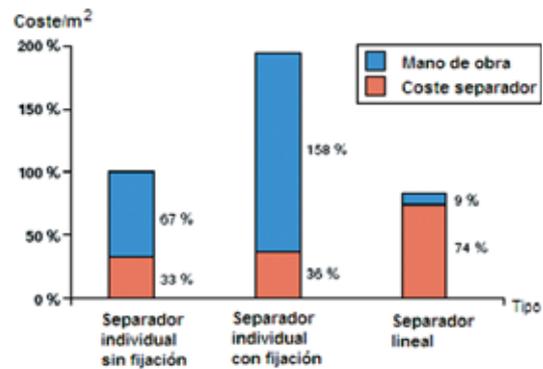
1. El valor del recubrimiento nominal establecido en el proyecto.
2. Las cargas que el separador va a tener que soportar debido al peso de la armadura, a las operaciones de colocación, al paso de operarios sobre las

mismas, así como las cargas producidas durante el hormigonado de la pieza.

3. Diámetro y situación de la armadura (muro, losa, viga o pilar).
4. Tipo de armadura: barras corrugadas o mallas electrosoldadas.
5. Tipo de fijación más adecuado: sin fijación, con alambre o mediante grapa.
6. Circunstancias externas que pueden afectar al hormigón tales como la presión, la temperatura, posibles ataques químicos, alternancia de ciclos de humedad-sequedad, fuego o corrosión.
7. Las posibles marcas o huellas que el separador pueda dejar sobre la superficie del hormigón, sobre todo si ésta ha de quedar vista.
8. Tipo de acabado de la superficie de hormigón.
9. Facilidad de colocación de los separadores, rendimiento y coste.

Los separadores de tipo lineal pueden ser una excelente elección en determinadas aplicaciones —sobre todo para soportar la armadura inferior en elementos con gran superficie, como losas o soleras—, puesto que presentan una serie de ventajas frente a los separadores individuales.

La primera de estas ventajas es el coste. En efecto, el coste asociado a la tarea de “asegurar el recubrimiento de la armadura” está compuesto de varios factores entre los que se encuentran el coste del elemento empleado como separador y el coste de la mano de obra necesaria para colocarlo adecuadamente. Es el segundo de estos costes el que normalmente puede tener una mayor incidencia que el propio coste del separador. En definitiva, el coste de colocar un separador barato y de dudosa eficacia es el mismo que el de colocar un separador caro y de prestaciones garantizadas. La diferencia es el resultado que finalmente obtendremos, que es el posible coste de una “no calidad” que producirá una pérdida de recubrimiento y una reducción sensible de la vida de servicio de la estructura.

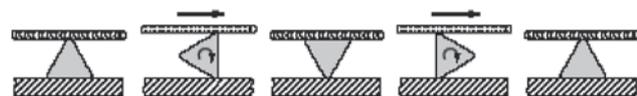


⇒ **Figura 5.** Coste relativo de la disposición de distintos tipos de separadores (Institute of Ergonomics and Construction Economics, Leonberg).

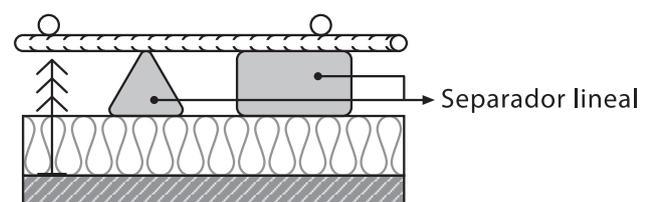
En la Figura 5 se representa el coste relativo de distintos tipos de separadores, donde se aprecia las ventajas que puede reportar el empleo de un separador del tipo lineal. Además, existen separadores lineales cuya sección proporciona el mismo recubrimiento en cualquier posición evitando que éste varíe si durante los trabajos de colocación de la armadura los separadores se tumban o se mueven (ver Figura 6).

Además, otra ventaja que presentan los separadores de tipo lineal es que reducen la presión que producen sobre el encofrado, lo cual puede ser muy importante en aquellos casos en los que existe una capa de aislamiento, al reducir el riesgo de punzonamiento sobre la misma (ver Figura 7).

En cuanto a los calzos continuos, como ya se ha indicado, tiene como misión la de separar las capas de armado en soleras, losas y muros, manteniendo su posición y garantizando los recubrimientos adecuados.



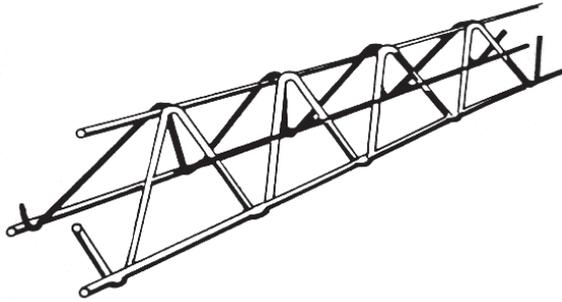
⇒ **Figura 6.**



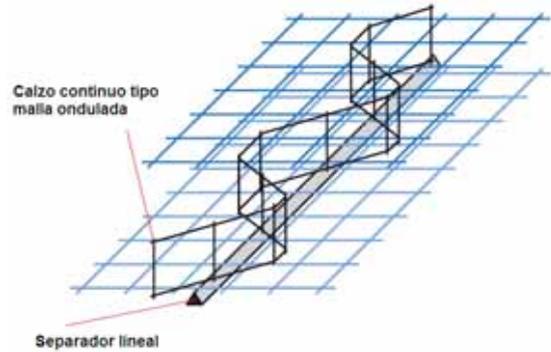
⇒ **Figura 7.**



## EN PORTADA



a) Calzo continuo tipo celosía.



b) Calzo continuo tipo malla ondulada

⇒ **Figura 8.-** Tipos de calzos continuos.

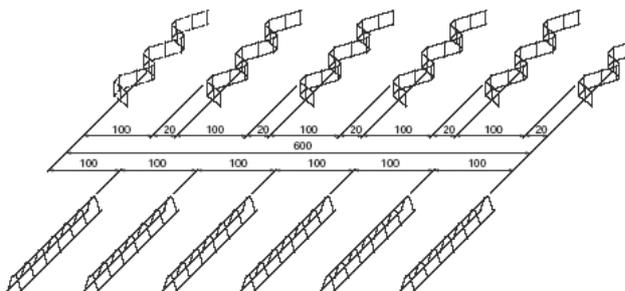
Estos calzos continuos suponen un importante ahorro en mano de obra al facilitar el posicionamiento de la capa de armado superior, y han de quedar bien asentados sobre la capa de armado inferior para evitar su vuelco. Esta disposición puede presentar la ventaja de no tener que apoyar sobre el encofrado, disminuyendo los riesgos de que éstos resulten dañados o que se produzca una posible vía de contacto con los agentes agresivos exteriores.

Dentro de los calzos continuos se han desarrollado diferentes tipologías. En la Figura 8 se muestra un soporte continuo en forma de celosía y otro en forma de malla ondulada. El segundo dispositivo presenta la ventaja de su ligereza y facilidad de disposición, así como una superficie de apoyo de las armaduras de aproximadamente 20 cm, lo que permite disponer menos elementos con el correspondiente ahorro de tiempo y coste de mano de obra (Ver Figura 9).

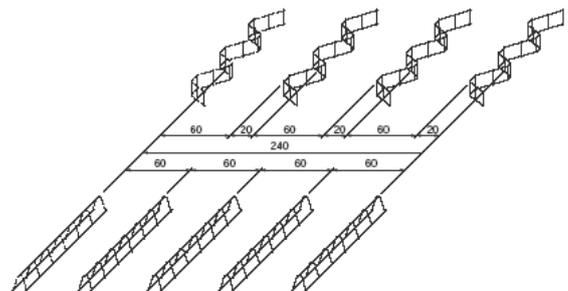
## MÉTODOS DE ENSAYO SOBRE LOS SEPARADORES

Lamentablemente, en estos momentos no existe un cuerpo normativo que nos permita evaluar los distintos separadores existentes en el mercado y poder establecer un nivel de prestaciones adecuado para nuestros proyectos.

En el año 1999 se puso en marcha, dentro del Comité Técnico de Normalización CTN-83 "Hormigón", el Subcomité SC-10 "Durabilidad" en el que se planteó la redacción de una serie de normas relativas a la evaluación de la durabilidad del hormigón entre las que se encontraban los separadores. Sin embargo, ocho años después estas normas no se han desarrollado aunque confiamos que en el futuro próximo comiencen a ser una realidad.



**Calzos a 100 cm de distancia**



**Calzos a 60 cm de distancia**

⇒ **Figura 9.-** Ahorro en la disposición de calzos continuos tipo malla ondulada.

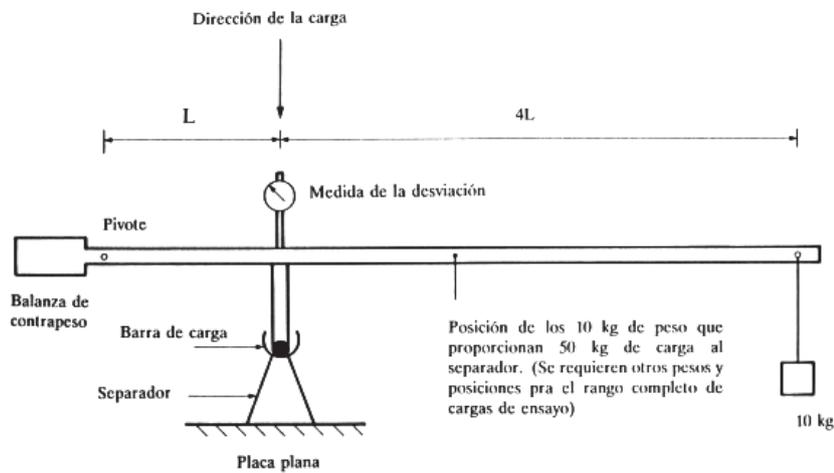


Figura 10.- Dispositivo para ensayo de carga puntual de separadores [3].

En la referencia [3] se incluyen una serie de procedimientos de ensayo que pueden ser útiles para la evaluación entre diferentes tipos de separadores que, como hemos podido ver, son muy variados. Estos procedimientos de ensayo se refieren a dos propiedades básicas de los separadores: su resistencia y su capacidad de fijación, que se describen a continuación de forma resumida.

**Ensayo de carga**

El ensayo de carga tiene por objeto determinar la deformación máxima que se produce en el separador, así como el mantenimiento de la integridad del mismo después del ensayo.

El dispositivo (Ver Figura 10) consiste, básicamente, en una brazo de palanca que apoya sobre el separador, midiendo

las deformaciones que se producen en éste. La carga se debe aplicar en menos de 10 segundos y mantenerse durante 10 minutos.

El separador se coloca sobre una superficie plana, pulida y seca en su posición de trabajo. En el caso de ser un separador individual tipo rueda, la abertura durante el ensayo debe estar en la mitad superior del separador.

Los separadores de plástico y metálicos se ensayan utilizando el redondo de armar más pequeño y más grande para el que están diseñados, mientras que los separadores de hormigón o mortero lo hacen empleando un redondo liso de 8 mm de diámetro.

La carga a aplicar depende de la categoría del separador, según se indica en la Tabla 6.

Tabla 6.

Categoría	Aplicación	Clase típica	Altura	Carga mínima (N)
Ligera	Recubrimiento de la armadura vertical o de la armadura horizontal en secciones pequeñas que no estén sometidas a la acción del peso de personas de pie. No válida para armadura mayor que 16 mm.	grapado rueda extremo	15 a 50 mm	250
Normal	Recubrimiento para armadura de diámetro igual o superior a 20 mm.	grapado atado lineal	15 a 50 mm	500
Grande	Recubrimiento para armadura mayor que 20 mm.	atado lineal	20 a 75 mm	3.000
Calzos	Para soportar armadura superior o separar capas verticales de armado.	puntual continuo	75 a 300 mm	1.000



## EN PORTADA

Una vez aplicada la carga hay que comprobar los siguientes aspectos:

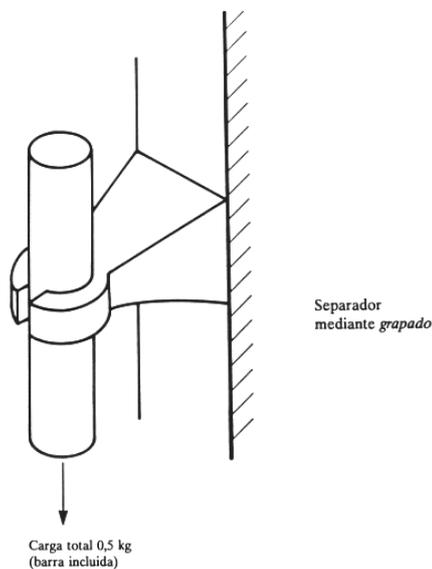
- La deformación máxima que debe experimentar el separador debe ser inferior a 2 mm, reduciéndose a menos de 1 mm una vez transcurrido un minuto después de retirar la carga.
- Los separadores de hormigón o mortero no deben presentar ninguna fisura, admitiéndose que se produzca un descantillado superficial bajo la barra.
- En los calzos metálicos hay que comprobar que los protectores de las patas no se han fracturado o punzonado.
- En los calzos continuos de acero el ensayo debe realizarse sobre uno de sus nudos. En este caso, la carga a disponer en la punta de la palanca será de 50 kg (en lugar de 10 kg) a una distancia tal que proporcione una carga de 100 kg sobre el puntal.

### Ensayo de fijación

El ensayo de fijación evalúa la eficacia de los procedimientos tipo grapa empleados en separadores de plástico y en algunos separa-



⇒ Figura 11.



⇒ Figura 12.- Ensayo de fijación para separadores mediante grapado [3].

**“En la actualidad no existe un cuerpo normativo que permita evaluar los separadores existentes en el mercado”**

dores de hormigón y mortero, como el que se muestra en la Figura 11.

El procedimiento de ensayo es muy sencillo (ver Figura 12). Consiste en fijar el separador a una barra lisa mecanizada, no oxidada y desengrasada, del menor diámetro admisible para el separador, comprobando que la fuerza ejercida para ello no excede de 150 N. A continuación, se fija el separador de forma que la barra quede en posición vertical, aplicando sobre ella una carga de 5 N y observando si desliza o no verticalmente.

### RECOMENDACIONES PARA LA DISPOSICIÓN DE LOS SEPARADORES

El artículo 66.2 de la Instrucción EHE [1] establece las prescripciones que hay que seguir en la disposición de los separadores, que se recogen en la Tabla 7.

Como puede comprobarse, tanto en vigas como en pilares el separador debe ir colocado en el cerco o estribo y no en la armadura principal, debiéndose disponer al menos tres planos de separadores en cada vano para evitar deformaciones indeseadas.

Estas prescripciones se basan en las recomendaciones contenidas en [3], que se describen a continuación con un mayor detalle, así como las de otros organismos como la Asociación Alemana del Hormigón (Deutscher Betonverein), en lo sucesivo DB.

### Losas

Es importante que todas las intersecciones que se produzcan en las inmediaciones del perímetro de una losa estén adecuadamente atadas. En el resto de la armadu-

Tabla 7.- Disposición de los separadores según el artículo 66.2 de la Instrucción EHE [1].

Elemento		Distancia máxima
Elementos horizontales (losas, forjados, zapatas y losas de cimentación, etc.)	Emparrillado inferior	50 Ø ó 100 cm
	Emparrillado superior	50 Ø ó 50 cm
Muros	Cada emparrillado	50 Ø ó 50 cm
	Separación entre emparrillados	100 cm
Vigas <sup>(1)</sup>		100 cm
Soportes <sup>(1)</sup>		100 Ø ó 200 cm

<sup>(1)</sup> Se dispondrán, al menos, tres planos de separadores por vano, en el caso de las vigas, y por tramo, en el caso de los soportes, acoplados a los cercos o estribos.

Ø Diámetro de la armadura a la que se acople el separador.

ra de la losa las intersecciones se pueden atar de forma alternativa, sin que se supere la distancia de 50 Ø.

A la hora de disponer los separadores hay que tener en cuenta que si su distancia es excesiva se puede producir una deformación de las armaduras por flexión, sobre todo durante las operaciones de hormigonado, reduciéndose el recubrimiento efectivo en esos puntos.

Como regla general, los separadores de la armadura inferior no deben distanciarse entre sí a una distancia superior a 50 Ø, sin rebasar en ningún caso los 100 cm, y deben ir convenientemente alternados. En el caso de que esta armadura esté constituida por mallas electrosoldadas, la distancia máxima entre separadores debe reducirse a la mitad (50 cm) en ambas direcciones.

La separación máxima que recomienda la DB, así como el número de separadores por metro cuadrado se recogen en la Tabla 8.

La armadura superior debe situarse en su posición definitiva mediante la ayuda de separadores, que pueden

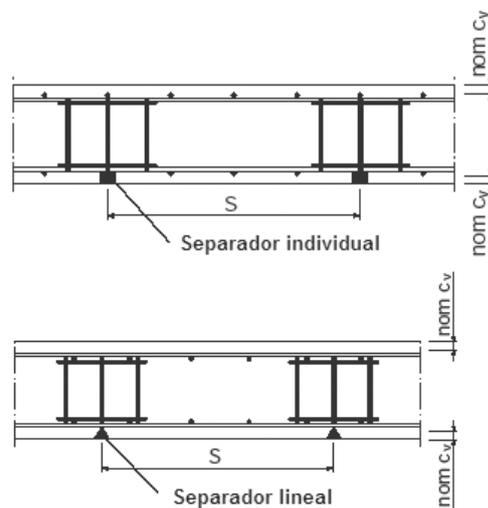


Figura 13.- Disposición de separadores en losas.

ser individuales o continuos. En ambos casos la distancia máxima entre separadores será de 50 Ø, sin exceder en ningún caso los 50 cm, debiéndose procurar que esta limitación se produzca en la dos direcciones en el caso de separadores individuales.

Además, es recomendable la disposición se separadores cada 50 Ø para aquellas armaduras de la losa que vayan a quedar en bordes expuestos a la acción de los agentes agresivos (intemperie, presencia de agua, etc.), con un máximo de 100 cm de distancia entre ellos.

Tabla 8.- Distancia y número de separadores en losas.

Diámetro de la armadura principal	Distancia máxima	Número mínimo por m <sup>2</sup>			
		Separadores individuales	Separadores lineales		
			L = 20 cm	L = 35 cm	L = 100 cm
Hasta 14 mm	50 cm	4	3	2,5	1,33
Mayor de 14 mm	70 cm	2	1,6	1,4	0,84



## EN PORTADA

### Vigas y pilares

Tanto en vigas como en pilares se debe atar cada una de las intersecciones extremas entre las barras principales y los estribos. El resto de las intersecciones se pueden atar a una distancia máxima de  $50 \varnothing$  de forma alternada, garantizando que los cercos quedan adecuadamente sujetos. En el caso de cercos múltiples, éstos deben atarse juntos.

Los separadores han de disponerse en grupo, de manera que en cada elemento haya, al menos, tres planos de separadores. La distancia entre éstos no ha de superar los 100 cm en vigas, ni los  $50 \varnothing$  en pilares, sin exceder en ningún caso la distancia de 200 cm.

En los paramentos expuestos debe disponerse, al menos, un separador en el centro de los estribos. Si la dimensión de la sección es superior a 50 veces el diámetro de la armadura

transversal deben disponerse dos separadores por cara. Por último, en el caso de estribos dobles es recomendable disponer tres separadores en la zona en que se solapan.

En las caras expuestas de los extremos de las vigas es recomendable disponer un separador adecuado en cada barra.

Para el caso de separadores individuales y lineales, la DB recomienda las distancias y número que se recogen en la Tabla 9.

### Muros

Es suficiente con atar las intersecciones de las barras en intersecciones alternadas.

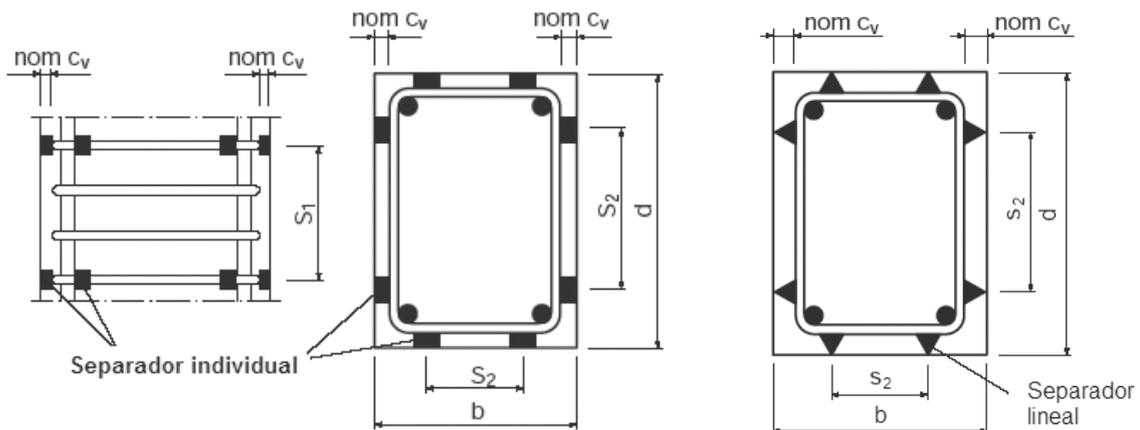


Figura 14.- Disposición de separadores en vigas y pilares.

Tabla 9.- Distancia y número de separadores en vigas y pilares.

#### Distancia máxima en dirección longitudinal ( $S_1$ )

Diámetro armadura longitudinal	Vigas	Pilares
Hasta 10 mm	25 cm	50 cm
De 12 a 20 mm	50 cm	100 cm
Mayor de 20 mm	75 cm	125 cm

#### Distancia máxima en dirección transversal ( $S_2$ )

Dimensión de la pieza (b y/o d)	Vigas	Pilares
Hasta 100 cm	$\geq 2$ separadores/m	$\geq 2$ separadores/m
Mayor de 100 cm	$\geq 3$ separadores/m	$\geq 3$ separadores/m
Distancia máxima entre separadores	50 cm	75 cm

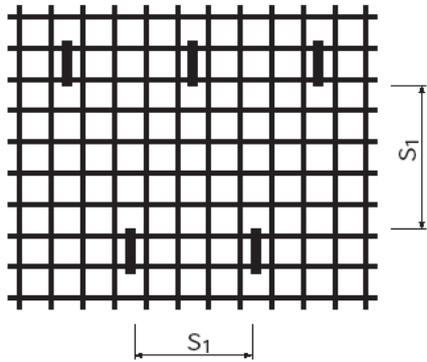


Figura 15.- Disposición de separadores lineales en muros.

Como en los casos anteriores, el recubrimiento debe garantizarse mediante separadores dispuestos alternadamente a una distancia de  $50 \varnothing$ , sin rebasar los 50 cm. Los separadores colocados en caras opuestas deben quedar a la misma cota.

Las capas de armado deben separarse mediante calzos a una distancia no superior a los 100 cm.

En la Tabla 10 se recogen las recomendaciones de la Asociación Alemana del Hormigón (Deutscher Betonverein).

Tabla 10.- Distancia y número de separadores lineales en muros.

Diámetro de la armadura	Distancia máxima $S_1$	Número mínimo por $m^2$	
		L = 20 cm	L = 35 cm
Hasta 8 mm	70 cm	1,6	1,4
Mayor o igual a 10 mm	100 cm	1,0	0,8

**BIBLIOGRAFÍA**

- [1] Mº FOMENTO. Instrucción de hormigón estructural EHE. Madrid, 1998.
- [2] COMISIÓN PERMANENTE DEL HORMIGÓN. Documento 0, versión 9-03-2007, base para la revisión de la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE). Madrid, 2007.
- [3] GEHO. Recomendaciones C.E.B. para separadores, calzos y atado de armaduras. Madrid, 1992.
- [4] THE CONCRETE SOCIETY. Standard provisions for achieving cover encircling reinforcing steels. U.K., 1989.
- [5] COMITÉ EURO-INTERNATIONAL DU BETON. Bulletin d'Information nº 164. Laussane, 1985.
- [6] CONCRETE REINFORCING STEEL INSTITUTE (CRSI). Manual of Standard Practice. Schaumburg (IL), 2004.
- [7] LEVITT, M. and HERBERT, M.R. Selection of bar spacers for reinforced concrete. Concrete, Noviembre 1968. Cement and Concrete Association, London, England. ■



**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.

# EVOLUCIÓN DEL ACERO PARA HORMIGÓN ARMADO

*De los aceros lisos a los aceros de alta ductilidad.*

**Honorino Ortega** – Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Grupo Celsa.

**E**n el año 1867, el jardinero Monier introdujo unos alambres en el interior de la masa de mortero de unas macetas que habitualmente fabricaba para su negocio, pensando de manera intuitiva que se mejoraría su comportamiento, hecho que constató con el tiempo y que le llevó a patentar este sistema de refuerzo que muchos consideran como el inicio del hormigón armado. Los alambres introducidos en la masa del mortero, es decir, las armaduras, colaboraron con el mismo aumentando notablemente su resistencia, evitando roturas y desperfectos e incrementando, además, su durabilidad.

Monier extendió la patente de este sistema de armado por muchos países y, de forma paralela, se inició el desarrollo de aceros con mejores características para su uso específico como armaduras de hormigón.

El pretensado precisó más tiempo para su desarrollo ya que aunque, en 1907, Koenen sugirió la idea de precomprimir el hormigón para reducir la fisuración, los problemas derivados de las pérdidas de tensión por distintos factores no hicieron viable el empleo del pretensado hasta que Freissenet, en 1928, expuso las reglas básicas para el empleo práctico de este sistema y obtuvo las ecuaciones fundamentales de cálculo de las secciones, y de control de las pérdidas tanto instantáneas como diferidas.

Estos inicios en el desarrollo del hormigón estructural como material de uso generalizado en la construcción hicieron posible que hoy en día constituya el material más empleado en todo el mundo con un volumen superior a los 10.000 millones de toneladas anuales.



Figura 1.

### LOS COMIENZOS DEL ACERO PARA HORMIGÓN

Inicialmente, los aceros empleados en el armado del hormigón eran aceros lisos de resistencias bajas, alrededor de 200 a 250 N/mm<sup>2</sup> — hoy es normal un límite elástico de 500 N/mm<sup>2</sup> —, que se suponían adecuados de acuerdo con el estado del conocimiento en aquellos momentos, y que además eran los que se podían fabricar con la tecnología siderúrgica de la época.

Al iniciarse el siglo XX, con un mejor conocimiento del comportamiento del hormigón armado y de las interacciones entre los materiales, se desarrollaron aceros en barras con unos resaltes en su superficie cuyo fin era incrementar la adherencia hormigón-acero, aspecto

**“La adherencia hormigón-acero es fundamental en el comportamiento de las estructuras de hormigón”**

to este muy importante en el comportamiento de las estructuras de hormigón estructural.

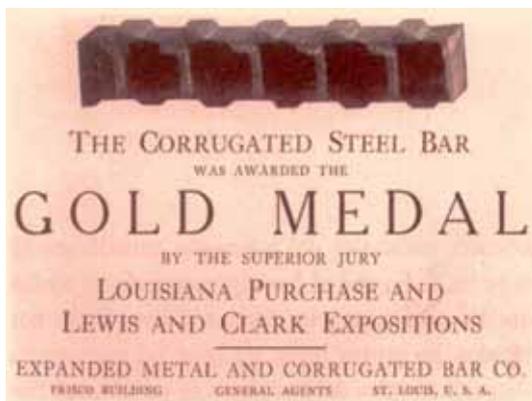


Figura 2.

En la ilustración de la Figura 2 puede verse el diseño de una barra para armar hormigón desarrollada en Norteamérica, de sección cuadrada y en la cual se manifiestan unos resaltos importantes (corrugas) con el fin de mejorar la adherencia con el hormigón.

Como es lógico, los desarrollos se producen con el conocimiento de las cosas y, en el caso del hormigón armado, existe una cierta complejidad en su comportamiento al tratarse de un material compuesto: una masa de hormigón reforzada por unos elementos lineales de acero. Ambos materiales, con muy distintas características —por un lado, el hormigón con una resistencia a compresión importante pero sin apenas resistencia a tracción y por otro el acero, material de elevada resistencia a tracción que suple la carencia del hormigón—, deben trabajar conjuntamente de forma adecuada para que las estructuras cumplan el fin para el que se destinan en condiciones de servicio, de rotura y de durabilidad adecuadas.

**EVOLUCION**

A partir de las características expuestas de los aceros para hormigón iniciales los avances en el campo del hormigón armado —mejoras en las prestaciones del hormigón y en el conocimiento del conjunto— requieren para el acero un aumento de resistencia. Los valores

de resistencia de 200-250 N/mm<sup>2</sup> eran muy bajos y, en muchas ocasiones, se necesitaban grandes secciones de acero lo que originaba, además del coste del material, más trabajo de ferrallado y colocación y, muy a menudo, una alta congestión de armaduras en nudos o zonas críticas de las estructuras.

Esa presión en la búsqueda de resistencias elevadas en las armaduras da lugar a la aparición, a partir de los años 50, de aceros de resistencia muy superior (400-420 N/mm<sup>2</sup>) a la hasta entonces habitual y con una superficie corrugada —lo que se denominaba acero de alta resistencia y alta adherencia— para proporcionar la adherencia necesaria con el hormigón y mejorar tanto la fisuración como el anclaje y empalme por solapo de las armaduras.

Una forma de conseguir este aumento de la resistencia a partir de aceros poco resistentes es provocar en los mismos una deformación en frío importante. Esta deformación en frío se puede obtener de distintas formas, dentro de las cuales las más empleadas han sido: la torsión y la trefilación.

En nuestro país fue muy conocida la marca Tetracero que conseguía el aumento de resistencia mediante el torsionado de barras de acero de resistencia baja (así se obtenía, por ejemplo, el Tetracero 42).



Figura 3.



## REPORTAJES

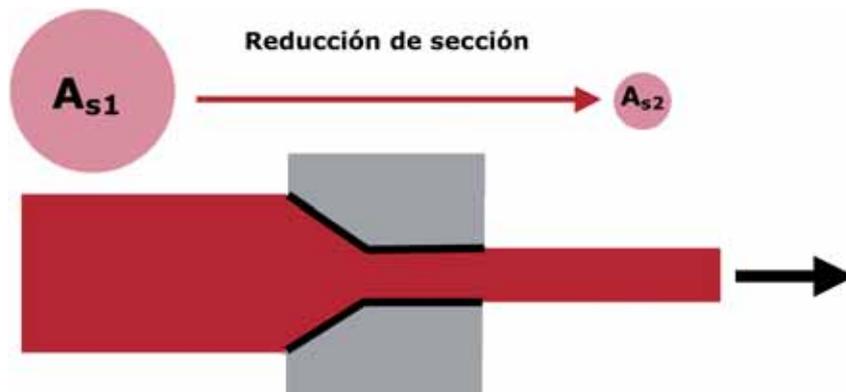


Figura 4.- Esquema del proceso de trefilación.

También se inició la fabricación de aceros trefilados, consistente en la reducción de la sección inicial mediante el paso del material a través de unas boquillas (hileras) en las que se produce la citada reducción de sección, de manera que, por ejemplo, para obtener un diámetro final de 8 mm, se partía de un diámetro del orden de 2 mm superior (10 mm).

Con estos procesos de tratamiento en frío del acero, se pueden obtener resistencias superiores a los 500 N/mm<sup>2</sup> pero, como luego veremos, el mencionado proceso reduce de forma muy notable la ductilidad del material, característica muy importante en el comportamiento del acero en el hormigón armado.

La utilización de aceros trefilados o tratados en frío después de la laminación ha sido habitual en nuestro país e incluso hoy en día se siguen empleando en la fabricación de mallas electrosoldadas y armadura básica electrosoldada en celosía, única aplicación en la que su uso es permitido por la Instrucción de Hormigón Estructural EHE.

En el campo de las barras corrugadas, estos aceros con tratamiento en frío se emplearon hasta bien entrados los años 70, momento en el cual la tecnología siderúrgica logró un acero con las prestaciones necesarias en aquel momento obtenidas directamente

**“El aumento de la resistencia del acero mediante su estirado en frío reduce una de sus más preciadas propiedades: la ductilidad”**

de la laminación en caliente sin necesidad de realizar operaciones posteriores (trefilado u otro tratamiento en frío). No obstante, en ese periodo todavía quedaban algunos problemas importantes por resolver en el caso de los aceros laminados en caliente, fundamentalmente la soldabilidad, lo que se conseguiría unos años después (en los 80).

En los casos de aceros para armaduras de hormigón, la soldabilidad se entiende como la capacidad de un acero para ser soldado mediante métodos normales sin necesidad de realizar una preparación especial del material ni precisar un ambiente específico. Las condiciones para que un acero se considere soldable vienen dadas por su composición química, en concreto por lo que se denomina carbono equivalente. Estas condiciones se reflejan en la Tabla 1.

En sus comienzos, los aceros de alta resistencia que se fabricaban directamente mediante laminación en



Figura 5.

Tabla 1.- Condiciones de soldabilidad.

Análisis	C % máx	C <sub>eq</sub> <sup>1)</sup> % máx	P % máx	S % máx	N % máx
Colada	0,22	0,50	0,050	0,050	0,012
Producto	0,24	0,52	0,055	0,055	0,013

1) Carbono equivalente

$$C_{eq} = \% C + \frac{\% Mn}{6} + \frac{\% Cr + \% Mo + \% V}{5} + \frac{\% Ni + \% Cu}{15}$$

caliente tenían el problema de que para alcanzar las elevadas resistencias exigidas, el carbono equivalente debía ser alto y, por ello, las condiciones de soldabilidad no se verificaban y para realizar su soldadura era preciso preparar el material previamente —calentamiento a ciertas temperaturas— y utilizar electrodos especiales.

Iniciada la década de los 80 la industria siderúrgica dispuso de la tecnología suficiente para ofrecer un acero laminado en caliente que disponía de las prestaciones de alta resistencia (500 N/mm<sup>2</sup> de límite elástico) y alta adherencia (perfil de superficie corrugada con obligación de homologar las tensiones de adherencia con el hormigón mediante el “ensayo de viga”) y cumplimiento de las condiciones de soldabilidad (carbono equivalente limitado a 0,52 % en producto). Estos aceros se han empleado en España hasta el año 2000 momento en el cual se introdujeron los aceros de altas prestaciones no sólo en cuanto a resistencia, adherencia y soldabilidad, sino también en relación con la ductilidad, la resistencia a esfuerzos cíclicos y la resistencia a fatiga. Son los aceros modernos que empleamos hoy en nuestras obras. Son los aceros tipo SD de los que hablaremos a continuación.

**“Los modernos aceros de altas prestaciones, tipo SD, comenzaron a fabricarse y utilizarse en España en el año 2000”**

### CURVA TENSIÓN-DEFORMACION

Desde el punto de vista del hormigón armado, el acero queda definido en lo que a sus características mecánicas y de ductilidad se refiere, por su curva tensión–deformación. Esta curva es la que se obtiene al realizar el ensayo de tracción sobre una probeta de material en una máquina de ensayos adecuada. Existe una norma en la que se indican las condiciones y forma de realizar el citado ensayo de tracción: la norma UNE EN 10002.

La curva tensión–deformación es como la tarjeta de identidad de un acero y nos permite conocer sus características mecánicas fun-



Figura 6.- Máquina de ensayo de tracción.



## REPORTAJES

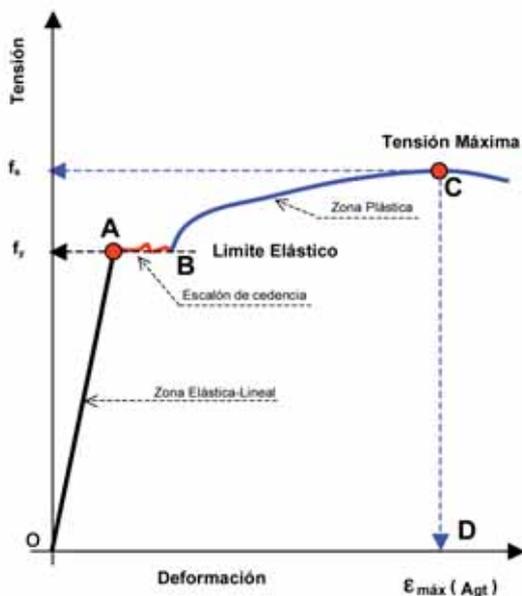


Figura 7.- Curva tensión-deformación de un acero laminado en caliente.

damentales: resistencia y ductilidad. En la Figura 7 se representa una curva tensión-deformación típica de un acero laminado en caliente, en la cual se han representado los puntos y valores fundamentales.

Al realizar el ensayo de tracción y obtener la curva tensión-deformación podemos conocer con mucha exactitud las características mecánicas del acero.

Si vemos la forma de dicha curva, podemos distinguir en ella una zona recta de comportamiento lineal, tramo OA, que responde a la **fase elástica** del material, en la cual las tensiones son proporcionales a las deformaciones. Al alcanzarse una determinada tensión en el acero sobre dicha recta o zona elástica, se obtiene una zona de comportamiento casi horizontal, tramo AB de la figura, donde existe un incremento de deformación importante para una tensión prácticamente constante. Esta zona suele llamarse **escalón de relajamiento** y a la tensión que le corresponde se la denomina **límite elástico** del acero —simbolizado, en el campo del hormigón armado por  $f_y$  y en la literatura siderúrgica por  $R_e$ — que es la característica más conocida que manifiesta el aspecto resistente de este material de cara al usuario y forma parte de la denominación de los mismos; acero 400 o acero 500, significa que su límite elástico nominal es de 400 N/mm<sup>2</sup> o de 500 N/mm<sup>2</sup>.

Una vez superado el límite elástico, punto B de la curva de la figura, se inicia una fase en la cual se pierde el comportamiento elástico lineal; es llamada zona o **fase plástica**, zona BC de la figura, en la cual para cada incremento de la tensión se obtiene un incremento de deformación superior al de la fase elástica. Es una zona de deformaciones importantes y, por lo tanto, la zona que más influye en la ductilidad. La ordenada máxima obtenida en la curva (punto C) se corresponde con la denominada **tensión máxima** y también carga última o carga de rotura. En el campo del hormigón armado se suele simbolizar por  $f_s$  y en el siderúrgico por  $R_m$ .

La relación entre la tensión máxima y el límite elástico ( $f_s / f_y$  -  $R_m / R_e$ ) se denomina **endurecimiento** o simplemente relación rotura - límite elástico. Este coeficiente es también fundamental para la ductilidad del acero.

La deformación OD que corresponde a la tensión máxima, y que se denomina **alargamiento uniforme bajo carga máxima** (en hormigón armado se representa por  $\epsilon_{m\acute{a}x}$  y, en siderurgia por  $A_{gt}$ ) es también una característica de gran interés que representa la capacidad de deformación plástica del acero e influye de manera muy importante en su ductilidad como dentro de poco veremos.

**“La curva tensión-deformación es como la tarjeta de identidad de un acero y nos permite conocer sus características mecánicas fundamentales: resistencia y ductilidad”**

A efectos de uso de la curva en el campo del hormigón armado carece de interés la zona más allá del punto C (tensión de rotura) ya que el acero está prácticamente agotado y se inicia su colapso.

En general, los aceros de un mismo tipo tienen unas curvas tensión-deformación muy parecidas, de manera que los distintos valores de las características antes expuestas (límite elástico, tensión máxima, relación, alargamiento bajo carga máxima, etc.) son similares. Es por ello que decimos que esta curva nos proporciona una información muy válida sobre el tipo de acero y, además, es el único método para conocer si un acero cumple o no los valores especificados.

Hay ocasiones en las que por el tipo de acero o por el tratamiento que ha tenido, el límite elástico no se manifiesta en la forma antes expuesta con el escalón de relajamiento (zona AB), sino que se pierde el comportamiento elástico lineal mediante una curva que no posee dicho escalón. En estos casos, el límite elástico del acero no es aparente sino que se adopta para el mismo lo que denominamos **límite elástico convencional**, que corres-

ponde al punto obtenido sobre la curva trazando una paralela a la zona lineal desde una deformación del 0,2 %. En la Figura 8 se refleja este caso que suele ser típico de aceros transformados en frío (Trefilados).

Vemos pues como estas curvas, obtenidas mediante ensayo a tracción de muestras de acero, nos proporcionan los valores reales de las características básicas del material en lo que a su empleo en el hormigón se refiere.

Además de estas características básicas hay otras, no menos importantes, que iremos viendo a continuación.

### DUCTILIDAD

La ductilidad es una propiedad muy interesante de los aceros, que se puede definir de una forma sencilla como la capacidad para deformarse de manera importante sin romperse bajo cargas que superan su límite elástico.

Es en definitiva una propiedad del material que se refiere a su comportamiento plástico y que tiene una influencia decisiva en el comportamiento frente al colapso de las secciones de hormigón armado.

La definición sencilla que hemos expuesto nos permite acercarnos al concepto pero para poder emplearlo de forma científica se precisa una forma que permita su cuantificación.

Si observamos una curva tensión-deformación cualquiera, vemos que el área comprendida entre la curva y el eje de deformaciones (eje x) se puede asimilar a una energía (cargas en eje y, deformaciones en eje x; la integral de  $y = f(x)$  es una energía). Por lo tanto, esa área puede ser una forma de representación y de valoración

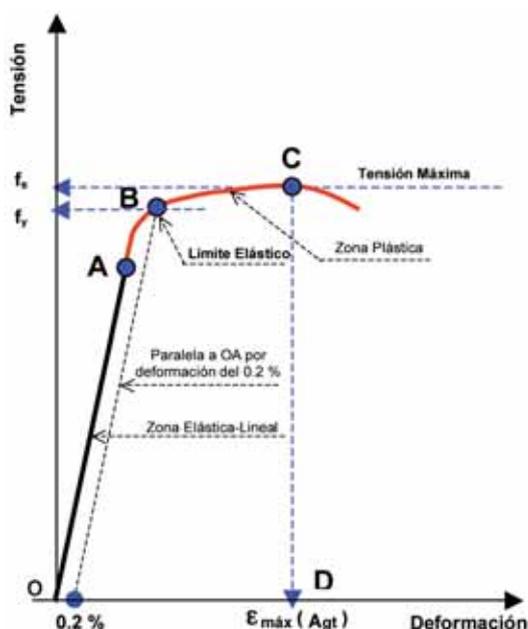


Figura 8.- Curva tensión-deformación de un acero trefilado.

**“Al aumentar la ductilidad de las armaduras se incrementa notablemente la seguridad frente al colapso de las estructuras”**



## REPORTAJES

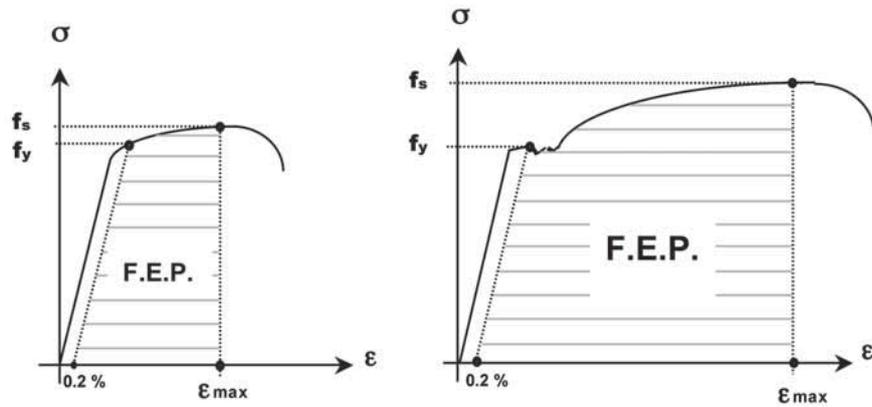


Figura 9.- Medida de la ductilidad mediante el Factor de Energía Plástica (F.E.P.).

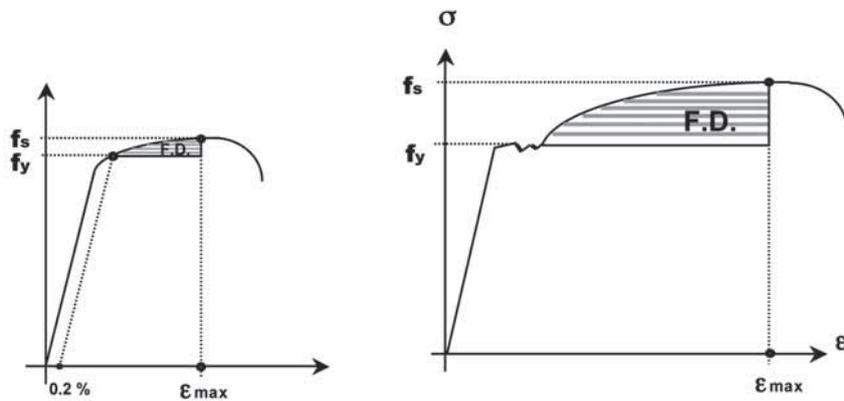


Figura 10.- Medida de la ductilidad mediante el Factor de Ductilidad (F.D.).

de la ductilidad. En la Figura 9 se representa este concepto del factor de energía plástica que puede ser representativo de los niveles de ductilidad del acero y en la Figura 10 otra forma posible de evaluar esta propiedad del acero a través del denominado factor de ductilidad.

En la Figura 11 se comparan los factores de energía plástica F.E.P. para distintos tipos de aceros de forma que se pueden ver con claridad sus diferencias.

Las dos características que influyen en la ductilidad son, según lo que hemos visto: los valores del alargamiento bajo carga máxima  $\epsilon_{\max}$  ( $A_{gt}$ ) y la relación de endurecimiento, es decir, la relación tensión máxima / límite elástico  $f_s / f_y$  ( $R_m / R_e$ ). Cuanto mayores sean estos valores más elevada será la ductilidad. Por ello, cuando se definen los valores nominales de ductilidad para cada tipo de acero, estos valores se fijan mediante unos mínimos del alargamiento bajo carga máxima y de la relación carga máxima / límite elástico.

Si hacemos una aproximación lineal de las curvas tensión-deformación obtenidas en el ensayo de tracción de los distintos tipos de acero podemos proponer una clasificación de los mismos atendiendo a su ductilidad.

En la Figura 12 se representa dicha clasificación en la que se recogen distintos tipos de acero y su situación en el diagrama en función de dichos parámetros.

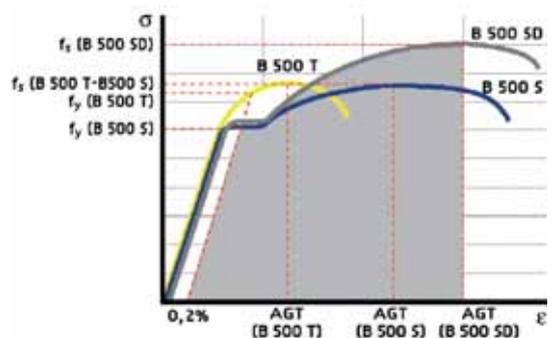


Figura 11.- Comparación del F.E.P. de distintos tipos de aceros.

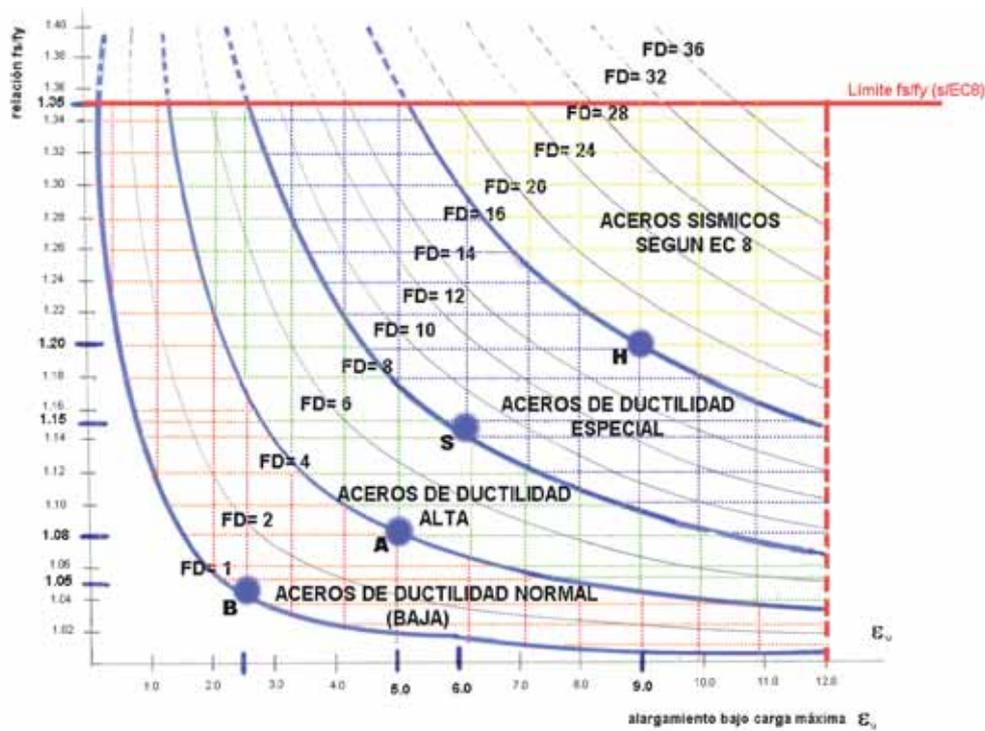


Figura 12.- Clasificación de los aceros por su F.D.

En términos generales, las estructuras son más dúctiles cuando es el acero el que alcanza su agotamiento antes que el hormigón, es decir cuando la profundidad de la fibra neutra es pequeña. En estos casos, la influencia de la ductilidad del acero en el comportamiento frente al colapso de estructuras de hormigón armado es muy importante, ya que al aumentar la ductilidad de las armaduras se incrementa notablemente la seguridad frente al colapso, es decir, para la misma cuantía de armado las cargas necesarias para que se produzca el colapso son su-

periores al aumentar la ductilidad y producirse un reparto de los esfuerzos hacia otras partes de la estructura (capacidad de redistribución).

En las fotografías 1 a 3 se presentan las formas de rotura de dos losas con igual cuantía pero con aceros de distinta ductilidad. En el caso de aceros poco dúctiles, Fotografía 1, el colapso de la losa es frágil y con poco aviso previo (ausencia de figuración y deformaciones). Si se emplea acero de alta ductilidad, fotografías 2 y 3, el colapso es más dúctil y se genera una situación de aviso previo antes de producirse la rotura total del elemento.

Tabla 2.- Clasificación de los aceros contemplados en la instrucción EHE atendiendo a sus características de ductilidad.

Tipo de acero	Relación $f_s / f_y$	Alargamiento bajo carga máxima, $\epsilon_{max}$ (en %)	Clasificación por su Factor de Ductilidad
B 500 T	1,03	2,50	Acero frágil
B 400 S	1,05	5,00	Acero de baja ductilidad
B 500 S	1,05	5,00	Acero de baja ductilidad
B 400 SD	1,20 a 1,35	9,00	Acero sísmico
B 500 SD	1,15 a 1,35	8,00	Acero de ductilidad especial
ARCER 400 SD	1,20 a 1,35	13,15	Acero sísmico
ARCER 500 SD	1,15 a 1,35	9,45	Acero sísmico



## REPORTAJES

### “La ductilidad es sinónimo no sólo de seguridad, sino también de calidad”

La Figura 13 representa la relación existente entre el nivel de ductilidad del acero, expresado a través del Factor de Ductilidad de su curva tensión-deformación, y el coeficiente de seguridad real frente al colapso ( $\rho_{\text{real}}/\rho_{\text{teórica}}$ ), según los ensayos realizados sobre 12 losas continuas de dos vanos, macizas de hormigón, armadas con distintas cuantías y aceros de diferentes ductilidades (tesis doctoral de Honorino Ortega: “Estudio experimental de la capacidad de redistribución en losas armadas con distintos tipos de aceros”). Se observa en ella como la seguridad real al colapso se incrementa hasta cerca del 20 % al incrementar la ductilidad del acero. Las fotografías 1 a 3 corresponden también con el mencionado estudio y en ellas se comprueba la diferencia entre las formas de colapso en función de la ductilidad del acero. La formación de rótulas plásticas es un índice muy positivo sobre la ductilidad de las secciones y permite alcanzar un mecanismo de colapso dúctil con redistribuciones importantes de esfuerzos.

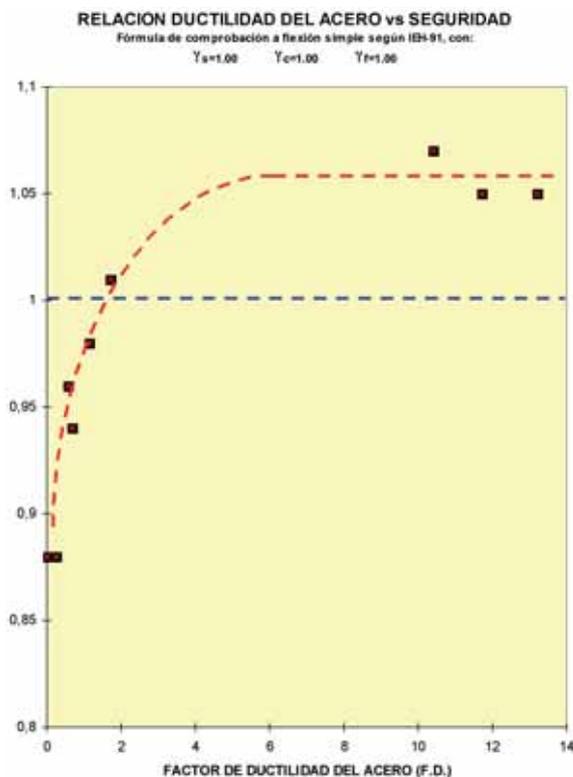


Figura 13.- Relación entre el nivel de ductilidad del acero y el coeficiente de seguridad real frente al colapso.



Fotografía 1.- Rotura frágil de losa armada con acero de baja ductilidad.



Fotografía 2.- Rotura dúctil de losa armada con acero de alta ductilidad.



Fotografía 3.- Detalle de rotura plástica. Acero de alta ductilidad.

En definitiva, podemos resumir este tema con la siguiente frase: “una ductilidad alta en el acero es siempre una cualidad deseable”. La ductilidad es sinónimo no sólo de seguridad, sino también de calidad. ■



## 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.





## REPORTAJES

# TERCER CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA SÍSMICA

*Gerona, del 8 al 11 de mayo de 2007*

**A. H. Barbat, X. Goula y J. B. Martínez Guevara** - Asociación Española de Ingeniería Sísmica (AEIS).

La Asociación Española de Ingeniería Sísmica (AEIS) agrupa en el ámbito nacional a técnicos, científicos y profesionales con responsabilidades en el diseño, la construcción y la investigación, relacionados de una u otra forma con alguna actividad del amplio espectro multidisciplinar de la ingeniería sísmica. La inquietud y la utilidad de la AEIS se extienden hoy en día a los ámbitos de las grandes obras civiles, la edificación y la construcción en general, aglutinando a profesionales de todos estos campos y consolidando su presencia y actuaciones.

A lo largo de sus más de cuarenta años de actividad la AEIS ha organizado acontecimientos de gran relevancia: el II Simposio

Europeo de Ingeniería Sísmica (1969), la X Conferencia Mundial de Ingeniería Sísmica (1992) y el II Congreso Iberoamericano de Ingeniería Sísmica (2001). Pero, sin duda, el logro de mayor importancia de la Asociación, por su significado y de acuerdo con sus fines estatutarios, ha sido la exitosa celebración del Primer y Segundo Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica en Murcia, abril de 1999, y en Málaga, en abril de 2003, respectivamente. Como continuación de esta tradición, se ha celebrado en mayo de 2007, en la ciudad de Gerona, el Tercer Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica.

Este tercer congreso, organizado por la Asociación Española de Ingeniería Sísmica (AEIS) junto con el Centre d'Estudis de la Construcció i Anàlisi de Materials de Gerona (CECAM), ha tenido como objetivo ofrecer un marco adecuado a todos los técnicos y científicos interesados en la ingeniería sísmica para el encuentro profesional, el intercambio de experiencias, la difusión de conocimientos y de técnicas aplicadas y, también, para el debate de las ideas.

El Congreso ha reunido a más de 150 especialistas que pertenecen a campos tan diversos como la geología, sísmología, ingeniería o arquitectura, y que desarrollan su actividad no sólo en el diseño, construcción e investigación sino también en la protección civil, el seguro, la enseñanza, etc. Asimismo, se ha asegurado la participación de un número relevante de estudiantes de ingeniería que han dispuesto de un inmejorable ambiente para ampliar sus conocimientos. La interacción de todos estos colectivos ha



creado una sinergia importante y aprovechable para todos los participantes, al fomentarse la colaboración entre instituciones, entidades y particulares con responsabilidades públicas o privadas. También ha permitido realizar avances en la consideración de los fenómenos sísmicos tanto en su estudio científico y técnico como en el tratamiento de sus aspectos sociales, de prevención y planificación.

En el Congreso se ha dedicado particular atención a los avances normativos, a la aplicación de nuevas metodologías y al uso de nuevos materiales en el diseño y la construcción, habiéndose estructurado de la siguiente forma:

- Un conjunto de ocho conferencias invitadas a cargo de relevantes especialistas a nivel mundial.
- Sesiones técnicas estructuradas en 3 ámbitos principales:
  - o El fenómeno sísmico.
  - o La vulnerabilidad sísmica.
  - o Los escenarios de daños.
- Mesas redondas sobre temas de actualidad (normativa, seguros, materiales y formación).

Las actas finales del Congreso suman un total de 1.700 páginas recogidas en un CD que se distribuyó entre los participantes al comienzo del mismo.

### CONFERENCIAS INVITADAS

Durante los tres días del Congreso han tenido lugar 2 conferencias cada mañana y una por la tarde, de 45 minutos de duración cada una. El objetivo de esas conferencias ha sido mostrar el estado del arte en diversos temas claves de la ingeniería sísmica tanto a nivel nacional como internacional. La relación de conferenciantes con los temas tratados se da a continuación, junto con un resumen de cada una de estas conferencias.

### MEJORA DE LA RESISTENCIA SÍSMICA DE LOS EDIFICIOS DEL PATRIMONIO CULTURAL. CONCEPTOS Y DESARROLLOS RECIENTES

*P. B. Lourenço, Universidade do Minho, Departamento de Engenharia Civil, Guimarães, Portugal.*

Los países Europeos han desarrollado una amplia experiencia en la conservación y restauración del patrimonio construido, habiendo realizado grandes inversiones en los últimos años que han permitido un amplio desarrollo de los campos de la inspección y monitorización, las pruebas no destructivas y el análisis estructural de construcciones históricas. Dichos desarrollos, así como las recientes directrices europeas y nacionales para la ingeniería de la conservación, permiten proponer soluciones de intervención más adecuadas, económicas y seguras. Debido a que los sismos son una de las mayores fuentes de destrucción del patrimonio arquitectónico, en esta conferencia se han tratado los más recientes

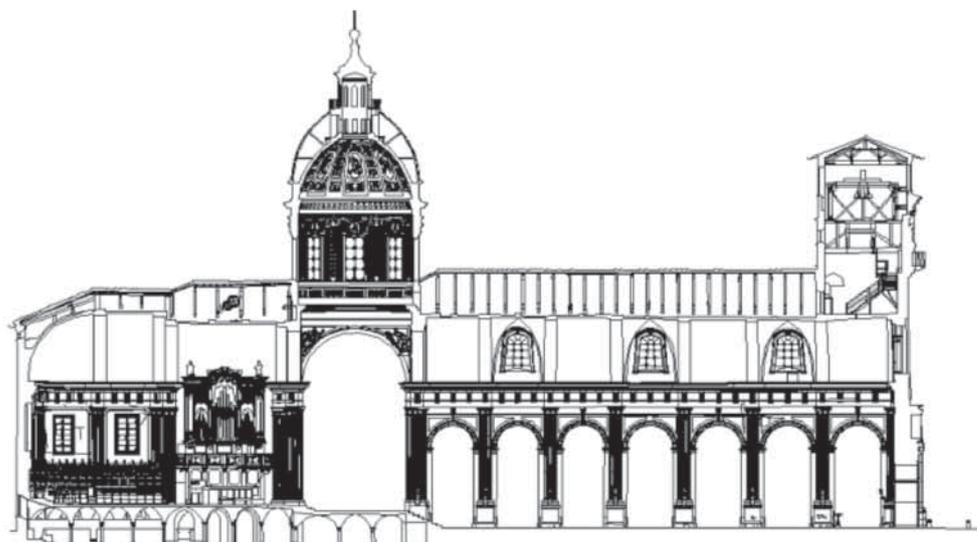


Figura 1.- Catedral de Reggion Emilia (Italia).



## REPORTAJES

avances del estado del conocimiento sobre este tema. Recientemente han sido aprobadas las recomendaciones ICOMOS para el Análisis, Conservación y Restauración Estructural del Patrimonio Arquitectónico. Estas recomendaciones pretenden ser útiles a todos aquellos que se dedican a los problemas de conservación y restauración y no son exclusivas para resolver los problemas de la ingeniería de los edificios.

### PELIGROSIDAD SÍSMICA EN AMBIENTES URBANOS ¿PUEDE EL HOMBRE MODIFICAR LA PELIGROSIDAD?

*P. Y. Bard, et al, Laboratoire Central des Ponts-et-Chaussées, Paris, France*

Es generalmente admitido que el movimiento sísmico del terreno es una convolución de la fuente, de la propagación y de los efectos locales. La pregunta que se plantea en esta conferencia invitada es si en el caso de zonas urbanas con gran densidad de edificios debería añadirse un cuarto término, denominado "interacción emplazamiento-ciudad", correspondiente al efecto que los edificios que vibran tienen sobre el suelo.

Se parte de una revisión amplia de los trabajos científicos existentes, incluyéndose un resumen de los resultados numéricos y experimentales obtenidos. Todos los datos y las observaciones demuestran la radiación de las ondas desde los edificios aislados hacia el terreno así como la posibilidad de que se produzca una interacción entre los edificios cercanos. Mediante simulación numérica los autores estudian la respuesta de un modelo simplificado de ciudad representado por un grupo de edificios para poder determinar en qué condiciones el efecto de la interacción emplazamiento-ciudad puede ser significativo. Los resultados obtenidos se correlacionan bien con un procedimiento muy simplificado basado en la comparación entre las energías cinemáticas del suelo y de los edificios. Los resultados son especialmente relevantes en el caso de ciudades con gran densidad donde los períodos del suelo y de los edificios coinciden. Finalmente, se examinan las consecuencias prácticas de tales efectos y algunas posibilidades para obtener claras evidencias experimentales en ciudades reales.

### MODELIZACIÓN DE PÉRDIDAS POR TERREMOTO CON FINES DE PROTECCIÓN FINANCIERA

*O.D. Cardona, et al, Instituto de Estudios Ambientales, Universidad Nacional de Colombia.*

En el marco del Programa de Reducción de la Vulnerabilidad Fiscal en Colombia, apoyado por el Banco Mundial, y del Plan de Acción del Banco Interamericano de Desarrollo para mejorar la Gestión del Riesgo en las Américas, se aplicó un modelo de riesgo catastrófico que permite evaluar, edificio por edificio, las pérdidas probables y las primas puras de diferentes portafolios, teniendo en cuenta la microzonificación sísmica de las ciudades. Este modelo ha sido utilizado para evaluar los pasivos contingentes y para construir una estructura óptima para la transferencia y la retención del riesgo, considerando créditos contingentes, fondos de reserva, seguro/reaseguro y bonos de catástrofe. Como resultado, se ha implantado un esquema de aseguramiento innovador para cubrir las edificaciones privadas, incluyendo todos los propietarios de bajos ingresos mediante el uso de subsidios cruzados. Finalmente, el modelo permite la evaluación de una curva de probabilidad de excedencia de la relación beneficio-costos, proporcionando una herramienta innovadora para los tomadores de decisiones, que les permite analizar los beneficios netos de las estrategias de mitigación del riesgo como el refuerzo sísmico y el cumplimiento de la aplicación de las normas sismorresistentes.

### DISEÑO SÍSMICO DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN CON BASE EN EL DESPLAZAMIENTO

*M.J.N. Priestley et al., IUSS, Pavia.*

El comportamiento estructural en términos de potencial de daño está relacionado con la deformación o con los límites de los desplomes y no tiene relación alguna con la resistencia. Como consecuencia, las estructuras proyectadas de acuerdo con criterios basados en fuerzas tienen un riesgo

sísmico desigual. El diseño sísmico con base en el desplazamiento se propone como una alternativa racional al diseño con base en fuerzas. Una variante desarrollada recientemente, denominada Direct Displacement-Based Design (DDBD), ha alcanzado suficiente madurez para que sea utilizada en el diseño estructural habitual. En la conferencia se describe el procedimiento DDBD, que es muy sencillo y que pretende determinar los estados límites de comportamiento definidos por límites de desplazamiento. Este planteamiento conduce a estructuras con riesgo uniforme, que es un resultado compatible con el concepto de espectros de riesgo uniforme que han sido aceptados como definición de la acción sísmica.

Los autores han realizado un amplio número de cálculos dinámicos no lineales cuyos resultados se han utilizado para validar el procedimiento propuesto para diferentes tipos de estructuras: edificios porticados, con pantallas a cortante, duales y puentes, presentando un resumen de los resultados obtenidos. Se pone de manifiesto que el diseño realizado mediante el procedimiento DDBD sigue pautas diferentes a las correspondientes al diseño con base en fuerzas y que es especialmente favorable en zonas sísmicas con sismicidad baja-moderada, como es el caso de España.

### ANÁLISIS FRECUENCIAL DE LOS MÉTODOS DE INTEGRACIÓN TEMPORAL EN INGENIERÍA SÍSMICA

*Rafael Blázquez, E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Universidad de Castilla-La Mancha*

Los algoritmos de integración son importantes en ingeniería sísmica para calcular los registros de velocidad y desplazamiento de acelerogramas, las curvas espectrales y las historias temporales de la respuesta de sistemas oscilantes sometidos a un movimiento sísmico en su base. La técnica numérica más apropiada se elige en cada caso estableciendo un com-

promiso entre la precisión y el tiempo de cálculo, puesto que el error asociado a cada integrador crece con el tamaño del intervalo de integración. La bondad de los esquemas de integración numérica en el dominio del tiempo se caracteriza mediante las funciones de transferencia de los correspondientes filtros digitales recursivos. Los factores que controlan el error en todo este proceso son la amplitud del intervalo de integración, la forma de variación de la señal entre puntos muestreados, y, en su caso, las propiedades dinámicas del oscilador (período propio y razón de amortiguamiento). En este trabajo se presenta un criterio racional para evaluar la exactitud de los diferentes integradores temporales, basado en la comparación entre las funciones de transferencia (aproximadas) de los diferentes algoritmos y las correspondientes funciones de transferencia exactas, determinadas analíticamente para cada método de





## REPORTAJES

integración. Los resultados de dichas comparaciones y los factores que gobiernan el proceso se ejemplifican en el estudio, a fin de establecer algunas conclusiones y recomendaciones prácticas sobre este tema.

### MODELOS MECÁNICOS PARA LA EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD DE EDIFICIOS EXISTENTES

*Sergio Lagomarsino, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Génova, Italia.*

Se propone un modelo con base en la mecánica para la evaluación de la vulnerabilidad de los edificios de mampostería y de hormigón armado. Dicho modelo utiliza el método del espectro de capacidad. Se consideran tipologías de edificios para los cuales se ha calculado el espectro de capacidad: a) edificios de mampostería, cálculo mediante un modelo mecánico simplificado que utiliza un número limitado de parámetros geométricos y tecnológicos; b) edificios de hormigón armado, cálculo directo a partir de las prescripciones de la normas.

La investigación que se describe ha sido desarrollada en el marco del proyecto Risk-UE, financiado por la Comisión Europea. En dicho proyecto han sido propuestos dos métodos: uno con base en un modelo macrosísmico, que utiliza mapas de peligrosidad en intensidades; el segundo, con base en la mecánica, se aplica cuando la peligrosidad se define mediante la aceleración espectral máxima. La comparación de los dos modelos permite una validación muy interesante.

### RESPUESTA DE EDIFICIOS CON ESTRUCTURA DE HORMIGÓN ANTE SISMOS MODERADOS

*Antoni Blázquez Boya, Blázquez-Guanter/arquitectes, Universitat de Gerona*

El autor analiza si las tipologías estructurales más utilizadas actualmente en Cataluña son adecuadas para resistir sismos moderados, y cuales serían las más apropiadas, además de averiguar si los procedimientos de cálculo habitualmente utilizados por los consultores de estructuras son correctos para ello, considerando que ninguno de ellos suele considerar la

interacción de la estructura con los muros de cerramiento y separación.

### SESIONES TÉCNICAS

Las sesiones técnicas del Congreso se han estructurado en 3 grandes grupos:

El primero de ellos se ha dedicado al estudio del fenómeno sísmico en sus distintos aspectos geológico, histórico y sismológico, tanto en sus ámbitos metodológico como experimental, habiéndose presentado ponencias relativas a sismicidad instrumental, registro y documentación histórica, peligrosidad sísmica, tectónica activa y paleosismología, movimientos fuertes del suelo y efectos locales.

El segundo de los grupos corresponde al estudio de estructuras y de dispositivos tecnológicos con el objetivo de reducir la vulnerabilidad de edificios e infraestructuras expuestas al terremoto. Las ponencias presentadas, un total de 50, se han agrupado en los siguientes temas: vulnerabilidad sísmica, disipadores de energía, cálculo sísmico de estructuras, dinámica estructural y de suelos, y control activo de estructuras.

El tercer y último grupo ha recogido un conjunto de sesiones polivalentes e interdisciplinarias, incluyendo mesas redondas sobre temas de actualidad. Las temáticas tratadas han abordado los escenarios de daño y los planes de emergencia, las observaciones pre y post terremoto, la normativa, así como el proyecto ISARD.

Las mesas redondas han versado sobre los siguientes temas:

- Adaptación de las normas nacionales al Eurocódigo 8.
- El papel de las aseguradoras frente al riesgo sísmico.
- Características del acero para zonas sísmicas.
- Educación y comunicación del conocimiento. ■

# FERRALLADOS CORE, S. A. OBTIENE LA MARCA FERRAPLUS

*La marca FerraPlus sigue despertando un creciente interés entre las ferrallas certificadas.*

**F**errallados Core, S.A. se ha incorporado recientemente a la marca FerraPlus, pasando así a formar parte de un grupo selecto de empresas que hacen de la calidad uno de los pilares básicos de su actividad diaria.

Ferrallados Core S.A. fue constituida en junio de 1993, con domicilio social en Polinyà, trasladando posteriormente sus talleres y oficinas al término municipal de Castellbisbal, en el Polígono Industrial San Vicente, en una zona destacable por su condición de área empresarial sidero-metalúrgica.

A una distancia de 15 kilómetros de la capital catalana, ocupa el centro del Área Metropolitana de Barcelona; con accesos rápidos, por carretera o autopista, a cualquier punto de la metrópoli y al cuarto cinturón industrial de Cataluña.

Desde su fundación, Ferrallados Core, S.A. se ha distinguido por una tasa de calidad en el servicio a clientes



**FERRALLADOS  
CORE S.A.**

muy alta, tanto en entregas puntuales, como por la excelente disposición de los materiales entregados a los montadores de ferralla en obra, facilitando así su manejo y colocación en el punto de trabajo. La reconocida confianza que el mercado dispensa a CORESA supone una sólida base para encarar las futuras ampliaciones que la Dirección de la misma prevé a corto plazo.

Ferrallados Core, S.A. dispone de un sistema de transporte propio y de un moderno equipo de maquinaria, a la que se van incorporando nuevas adquisiciones que permitirán ampliar su producción.

Coresa ostenta, desde hace algún tiempo, la certificación AENOR de Producto y Empresa para Ferrallas, a la que se ha incorporado recientemente la obtención de la marca FERRAPLUS, reafirmando así su sobresaliente trayectoria empresarial en el Sector de la construcción inmobiliaria. ■





## NOTICIAS

# EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN MUESTRA TODA SU PUJANZA EN FIRAMACO

*FIRAMACO, Feria de Materiales de Construcción se celebrará del 15 al 17 de noviembre en el Pabellón II de la Institución Ferial Alicantina. De carácter bienal, se trata de una feria muy esperada en la que se presentan las novedades del sector.*

**F**IRAMACO se ha convocado para los días 15, 16 y 17 de noviembre del 2007, en la institución Ferial Alicantina, se trata de la decimotercera edición de esta *Feria de Materiales, Construcción y Afines. Salón de la Maquinaria para la Construcción*.

Durante la última edición se reunieron un total de 128 expositores de diferentes sectores del mundo de la construcción en más de 10.000 metros cuadrados de exposición. La Feria contó con la asistencia de más de 7.000 visitantes profesionales entre los que se encontraban tanto administraciones públicas, como empresas constructoras, promotoras, técnicos y representantes de industrias auxiliares del sector.

El certamen mantiene su carácter bienal, pero traslada su celebración a los años impares. Asimismo se están llevando a cabo acciones con diferentes colegios y agrupaciones de profesionales para programar diversas actividades que conviertan la Institución Ferial Alicantina durante esos días en el lugar de encuentro de los profesionales de la Co-



munidad Valenciana. En esta edición la domótica tendrá un papel principal en el certamen.

FIRAMACO es la feria comercial del sector de la construcción, un sector en constante crecimiento en los últimos años y con perspectivas de mantener dicha evolución positiva. Es un certamen de carácter bienal, por lo que se trata de una feria muy esperada en la que se presentan las novedades del sector.

La feria constituye un excelente punto de encuentro con el objetivo de establecer una relación directa entre comprador y vendedor, facilitando los contactos comerciales y la captación de nuevos clientes. FIRAMACO da la oportunidad a sus expositores para identificar posibles proveedores, subcontratistas, distribuidores e incluso una plataforma para la internacionalización de las empresas.

En FIRAMACO están convocados los sectores de materiales para la construcción, maquinaria, maquinaria de obras públicas, pavimentos y revestimientos, productos prefabricados, restauración, rehabilitación y trabajos de altura, carpintería, fontanería, electricidad y telefonía, control de calidad, seguridad e higiene, informática, cemento y hormigón, aislamientos, herramientas, vidrio, señalización, equipamiento, mármol, refrigeración y calefacción, sanitarios y accesorios, ascensores y aparatos elevadores, organismos y servicios. ■

## MONOGRAFÍA ARCER Nº 5

# CONFINAMIENTO Y DUCTILIDAD DE LOS EDIFICIOS DE HORMIGÓN ARMADO

Autores: **Alex H. Barbat, Juan Carlos Vielma y Sergio Oller.**

**E**l Instituto para la Promoción de Armaduras Certificadas (IPAC) acaba de editar la quinta de las monografías de la marca ARCER de productos de acero para armaduras pasivas de hormigón.

Estas monografías tienen como finalidad mejorar el conocimiento de los aceros de alta ductilidad utilizados en la elaboración de armaduras para hormigón, y dar a conocer el desarrollo de nuevas aplicaciones e innovaciones producidas en este campo.

Esta quinta monografía ha sido elaborada por tres expertos en ingeniería sísmica, dos de ellos catedráticos de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puer-

tos de Barcelona (los señores Barbat y Oller), y el tercero profesor de la Universidad Lisandro Alvarado de Venezuela (el señor Vielma), y aborda una cuestión eminentemente práctica en la que se pone de manifiesto cómo poder aprovechar las mayores prestaciones de los aceros de alta ductilidad en las estructuras a través del confinamiento del hormigón. Una adecuada disposición de las armaduras transversales y longitudinales puede aumentar considerablemente la ductilidad y resistencia de las estructuras de hormigón aumentando su seguridad.

Tradicionalmente se ha asociado la ductilidad estructural al campo de diseño sismorresistente, al ser las cargas sísmicas las que producen efectos extremos en las estructuras, pero su importancia es también relevante en otras situaciones en las que la disipación de energía no ha sido un factor determinante en el proyecto de la estructura. Este es el caso de los impactos o las explosiones, la acción del fuego, las deformaciones o desplazamientos impuestos por asentamientos diferenciales, altos cambios de temperatura o retracción, etc. En todos ellos, una adecuada ductilidad estructural evitará el fallo frágil de las estructuras o de los elementos que la integran.

La monografía aborda estos temas con un nivel al alcance de todos los técnicos relacionados con el proyecto de estructuras, estableciendo principios básicos relacionados con el diseño y la concepción de un edificio que eviten que se transforme en un mecanismo inestable en el momento de ser sometido a una acción imprevista fuerte, como pudiera ser un sismo, y efectuando un estudio comparativo entre diversas tipologías estructurales habitualmente utilizadas en nuestros país, alguna de las cuales no es la más indicada para estas situaciones.

Para una mayor información: [www.arcer.es](http://www.arcer.es) ■





## NOTICIAS

# EL SECTOR DEL ACERO ESPAÑOL CERRÓ EL AÑO 2006 CON CIFRAS RÉCORD

*La industria siderúrgica traslada su preocupación por el impacto de la subida de las tarifas eléctricas en la competitividad: un aumento del 30 % en dos años.*

**L**a producción de acero en España durante el año 2006 superó ampliamente los 18 millones de toneladas, lo que supone un récord histórico. La producción de laminados en caliente también alcanzó cifras máximas según los datos aportados por el presidente de la Unión de Empresas Siderúrgicas, UNESID, Gonzalo Urquijo, en su intervención en el acto de clausura de la 39ª Junta General de esta Asociación, celebrada el pasado mes de julio, con la asistencia del Ministro de Industria, Turismo y Comercio, Joan Clos, y el Secretario de Turismo y Comercio, Pedro Mejía.

En su intervención, el presidente de UNESID se refirió al ejercicio 2006 como *"un buen año para la industria siderúrgica española"* y destacó que las empresas del sector están realizando un considerable esfuerzo para atender a la demanda, que sigue creciendo a un ritmo muy elevado.



No obstante, Gonzalo Urquijo puso de manifiesto la preocupación del sector por el alza experimentada por las tarifas eléctricas, lo que incide directamente en la competitividad de la industria siderúrgica española, en un momento en el que los mercados mundiales están totalmente abiertos y los flujos comerciales internacionales del acero son amplios y crecientes.

### LA ACTIVIDAD DEL SECTOR EN 2006

Las exportaciones crecieron, en toneladas, un 2,7 %, hasta alcanzar un valor de 6.500 millones de euros, mientras que las importaciones crecieron un 25,9 %, con el consiguiente aumento del déficit comercial, a pesar de que los productos que se exportan son de un mayor valor añadido —con un valor medio por tonelada un 63 % superior— en consonancia con las mejoras tecnológicas y de calidad de las empresas españolas.

Como resultado, el consumo aparente del acero se incrementó un 13,1 % con respecto al año anterior. El Presidente de UNESID recalcó que la elevada actividad del sector del acero responde a un contexto económico favorable e insistió en que el acero es un material insustituible en el desarrollo económico. En su opinión *"la industria española del acero tiene un claro horizonte de expansión"*.

En relación a los productos largos de acero común, el informe anual presentado por UNESID refleja que el

sector de la construcción ha continuado siendo en el año 2006 el principal motor del crecimiento español, con un aumento de la producción del 6 %, lo que ha influido muy favorablemente en estos productos ligados estrechamente a la construcción.

La principal materia prima de los productos largos, la chatarra férrica, ha tenido un comportamiento alcista como consecuencia del fortísimo tirón de la demanda, no sólo en España sino en el conjunto de Europa y muy en particular en Turquía, el principal país importador de chatarra.

El consumo aparente de los productos largos de acero no aleado alcanzó 11,7 millones de toneladas, con un incremento del 11,4 % respecto del año 2005. Todos los productos tuvieron un comportamiento positivo, en particular el corrugado en barra y en rollo.

El comportamiento de este producto ha sido extraordinario: la producción total aumentó en un 5 % respecto de la del año 2005, hasta alcanzar 5,4 millones de toneladas. La producción mantuvo un ritmo particularmente intenso en el primer y tercer trimestre, mientras que en el cuarto trimestre descendió ligeramente respecto del año anterior. Las entregas se concentraron en el



mercado nacional, que absorbió el 94 % de las mismas, hasta alcanzar 4,8 millones de toneladas.

Las importaciones de corrugado aumentaron el 30 % hasta alcanzar 1,3 millones de toneladas, con un aumento similar al ya experimentado en el año 2005. Los principales países de origen fueron Portugal y Turquía, que en conjunto copan el 83 % de las importaciones al mercado español.

El consumo aparente de este producto aumentó el 13 % hasta alcanzar 6,2 millones de toneladas, convirtiendo al mercado español en el más importante de la Unión Europea, por delante de Italia.

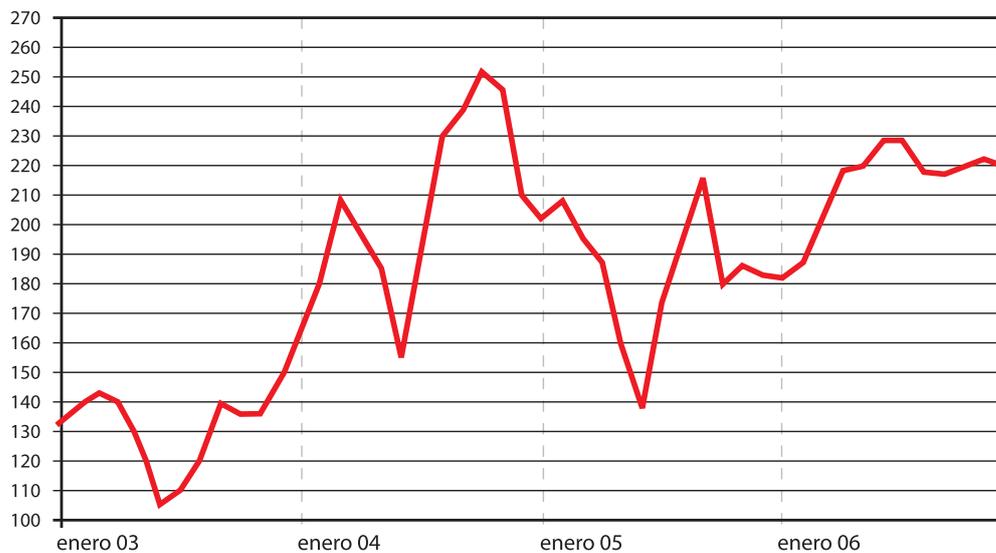


Figura 1.- Gráfico índice precio chatarra de Eurofer E3 (Fuente: Eurofer).



## NOTICIAS

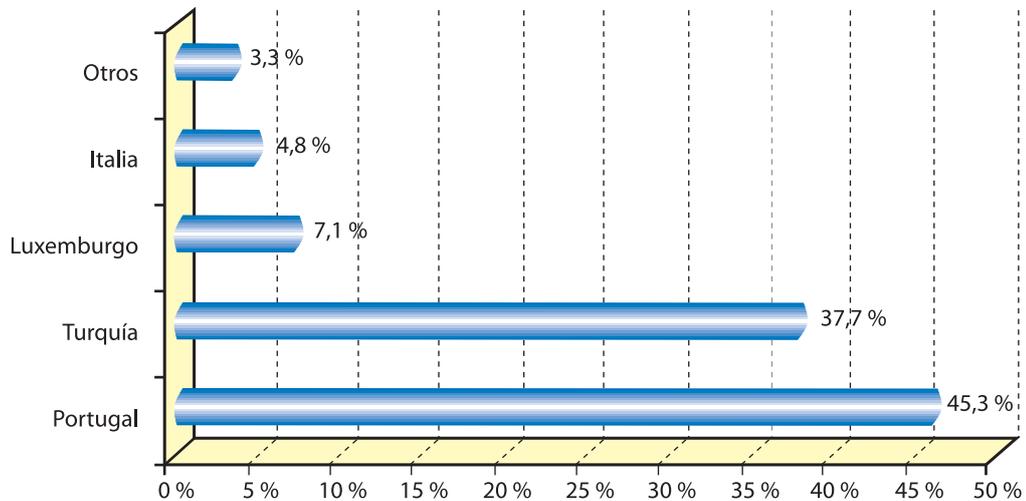


Figura 2.- Principales orígenes de las importaciones de corrugado (Fuente: AEAT, UNESID).

## ENERGÍA

En otra parte de su intervención, Gonzalo Urquijo transmitió la preocupación de la industria por los precios de la energía en España. Puso de manifiesto que el sector del acero requiere cantidades intensivas de energía, que representa una parte importante de sus costes, y recordó que las tarifas eléctricas han subido un 30 % en dos años, a lo que se añade un incremento del precio del gas natural del 85 %.

Resaltó que, aunque las subidas de precios han sido absorbidas sin grandes traumas en los dos últimos ejercicios, debido a la gran fortaleza de la demanda, cuando el consumo decaiga el sector se encontrará con que las subidas de las tarifas se han consolidado, con el consiguiente impacto desfavorable sobre su competitividad. Por ello, pidió apoyo al Ministerio de Industria para que el actual proceso de paso ordenado de tarifa a mercado se culmine, manteniendo precios eléctricos competitivos para la industria básica. En este sentido, el presidente de UNESID recaló que el sector del acero está dispuesto a poner lo mejor de su parte.

## DERECHOS DE EMISIÓN

Posteriormente, Gonzalo Urquijo hizo referencia al compromiso de la industria siderúrgica con la sostenibilidad del desarrollo y a la permanente adaptación a la intensa normativa medioambiental, aunque pidió que ésta no sea un obstáculo sino, por el contrario, un impulso a la competitividad.

Recordó que el sector del acero es el único de los incluidos en el Comercio de Emisiones de CO<sub>2</sub> que ha reducido sus emisiones respecto a 1990 y remarcó que éstas *“son claramente inferiores a ese año de referencia, a pesar de que la producción es casi el doble”*. En este ámbito, puso de manifiesto la participación activa de UNESID en una propuesta con nuevos criterios, cuyo objetivo es que el Mercado de Emisiones incentive realmente la reducción de emisiones a partir de 2012, sin que suponga una merma de la competitividad tanto dentro de la Unión Europea como en el resto del mundo.

## COMERCIO EXTERIOR

Al hablar de los mercados mundiales del acero, Gonzalo Urquijo mencionó la colaboración permanente de UNESID con la Secretaría de Estado de Turismo y Comercio, especialmente por lo que se refiere al proceso de reforma de los Instrumentos de Defensa Comercial de la Unión Europea, frente a las prácticas de comercio desleal. Mostró la preocupación del sector por la amenaza de desestabilización que supone China y se refirió expresamente a Turquía, que también constituye un motivo de preocupación para los productores españoles de productos largos.

China se ha convertido en el gran gigante siderúrgico como parte de su objetivo global de ser la *“fábrica del mundo”*, pero una buena parte de las inversiones se ha



realizado sin criterios de mercado, con una maraña de subvenciones públicas que ha provocado que en algunos productos la capacidad instalada sea muy superior a la demanda accesible. Al mismo tiempo el gobierno chino considera el sector siderúrgico como estratégico y ha impuesto limitaciones a la propiedad de empresas siderúrgicas por parte de compañías extranjeras.

De ser un importador neto, China se ha convertido en un exportador. En el año 2006 este país vendió más de 5 millones de toneladas a la Unión Europea, de las que 1,3 millones de toneladas se dirigieron al mercado español. En algunos productos los precios ofrecidos por los exportadores chinos parecen totalmente alejados de cualquier estructura de costes basada en criterios de mercado, lo que está obligando a los fabricantes europeos a mantener una especial vigilancia respecto a las importaciones procedentes de este país.

En el caso de Turquía, el acuerdo de libre comercio de los productos siderúrgicos suscritos con la Unión Europea, en paralelo con la Unión Aduanera, son excesivamente relajados en comparación con la disciplina que se exige a las empresas comunitarias. Una de las obligaciones de este acuerdo exige que Turquía implante un sistema de ayudas públicas en línea con el comunitario, cuyo aspecto más destacado es la prohibición de cualquier tipo de ayuda a la industria siderúrgica. El gobierno turco no ha implantado ese sistema desde la firma del acuerdo en el año 1996 y ha quedado acreditado que ha concedido ayudas muy elevadas que están en el origen de un exceso de capacidad en productos largos en ese país. En relación a este tema, UNESID espera que se aplique

a Turquía el mismo tratamiento que se empleó en el pasado con la industria siderúrgica española —total transparencia de las ayudas y cierres de capacidad neta directamente relacionados con la cuantía de las ayudas— y que cese la concesión de ayudas que impulsan la instalación artificial de nuevas capacidades productivas.

Posteriormente, el presidente de UNESID hizo referencia al nuevo reto al que se enfrentan las empresas siderúrgicas españolas: la estructura multinacional. Un reto que, subrayó, *“han afrontado con decisión y un claro enfoque de futuro”* e indicó que, hoy, la mayor parte de las empresas españolas están integradas en grupos multinacionales y varias empresas con sede en España son líderes en los mercados internacionales de determinados productos.

A lo largo de su intervención, Gonzalo Urquijo reiteró la apuesta de las empresas siderúrgicas por la investigación y la innovación, cuyo principal exponente es la Plataforma Tecnológica Española del Acero (PLATEA), así como el esfuerzo que realizan en materia de Prevención de Riesgos Laborales, a través de proyectos como CAMPRESID. ■

#### Evolución sectorial. Cuadro resumen

	2006	2005	% Variación
<b>Producciones (miles de toneladas)</b>			
Producción de acero	18.391	17.904	2,7
Productos laminados en caliente	18.308	17.088	7,1
Productos largos	12.364	11.741	5,3
Productos planos	5.944	5.347	11,2
<b>Entregas (miles de toneladas)</b>			
Entregas totales	19.098	18.240	4,7
Mercado nacional	14.491	13.474	7,5
Mercado exterior	4.606	4.766	-3,3
Del cual a la UE-25	3.179	2.927	8,6
<b>Comercio exterior (total productos siderúrgicos)</b>			
<b>Importaciones totales</b>			
Miles de toneladas	14.232	11.304	25,9
Millones de euros	8.292	6.611	25,4
<b>Exportaciones totales</b>			
Miles de toneladas	6.756	6.577	2,7
Millones de euros	6.441	5.505	17,0
<b>Saldo comercial</b>			
Miles de toneladas	-7.476	-4.727	57,4
Millones de euros	-1.851	-1.106	67,4
<b>Consumo aparente de acero (miles de toneladas)</b>			
Total consumo de acero	23.641	20.908	13,1



## NOTICIAS

# EL CONSUMO NACIONAL DE CEMENTO SE MODERA CON 28,6 MILLONES DE TONELADAS

Las cifras del consumo de cemento en España durante el primer semestre del año apuntan a una estabilización de la actividad del sector de la construcción, tras obtenerse una cifra similar a la que se consiguió en el mismo periodo del año pasado: 28,6 mi-

llones de toneladas. No obstante, si se toma como referencia el año móvil (junio 2006- junio 2007) los datos de consumo siguen estando al alza, puesto que alcanzan 56,1 millones de toneladas, lo que representa un aumento del 3,8 %.

### PRINCIPALES CIFRAS DEL SECTOR CEMENTERO (toneladas)

➤ Datos mensuales (junio).

	2007	2006	% variación
<b>Producción cemento</b>	4.904.301	4.832.075	1,49 %
<b>Consumo nacional (cemento)</b>	5.112.729	5.288.582	-3,33 %
<b>Exportaciones (cemento + clinker)</b>	100.465	93.689	7,23 %
<b>Importaciones (cemento + clinker)</b>	1.381.767	1.085.597	27,28 %

➤ Datos acumulados del año (enero - junio).

	2007	2006	% variación
<b>Producción cemento</b>	27.517.308	26.897.488	2,30 %
<b>Consumo nacional (cemento)</b>	28.582.281	28.373.190	0,74 %
<b>Exportaciones (cemento + clinker)</b>	493.252	602.034	-18,07 %
<b>Importaciones (cemento + clinker)</b>	6.572.534	6.014.223	9,28 %

➤ Datos año móvil (junio 2006 / junio 2007).

	Año actual	Año anterior	% variación
<b>Producción cemento</b>	54.671.269	52.393.786	4,35 %
<b>Consumo nacional (cemento)</b>	56.105.478	54.060.768	3,78 %
<b>Exportaciones (cemento + clinker)</b>	1.018.072	1.266.499	-19,62 %
<b>Importaciones (cemento + clinker)</b>	13.310.343	11.716.395	13,60 %

La producción de las fábricas instaladas en España ha llegado a 27,5 millones de toneladas, un crecimiento del 2,3 % con respecto al primer semestre del año pasado, que ha ido dirigida fundamentalmente al abastecimiento de la demanda interna, ya que las exportaciones continúan su evolución descendente. De hecho en el periodo enero-junio, las exportaciones de cemento y clínker se han reducido a las 493.000 toneladas, lo que representa una caída del 18 %.

Por su parte las importaciones siguen creciendo, ya que en los primeros seis meses del año se han importado 6,6 millones de toneladas, un 9,2 % más que el año pasado. ■

"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

# ARCER

Armaduras para Hormigón

INSTITUTO PARA LA PROMOCIÓN DE LAS  
ARMADURAS CERTIFICADAS (IPAC)

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

**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.

Orense, 58 - 10º D; 28020 MADRID

Tel.: 91 556 76 98 ; Fax: 91 556 75 89

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

E-mail: [buzon@arcer.es](mailto:buzon@arcer.es)



# FIRMACO

DEL 15 AL 17 DE NOVIEMBRE 2007

IFA

INSTITUCIÓ  
FERIAL  
ALICANTINA

**FIRMACO//**  
**13ª FERIA DE MATERIALES Y  
CONSTRUCCIÓN Y AFINES**  
**13<sup>er</sup> SALÓN DE MAQUINARIA PARA LA  
CONSTRUCCIÓN.**



**PABELLÓN II De 10.00 a 19:30 h.**