

## EN PORTADA

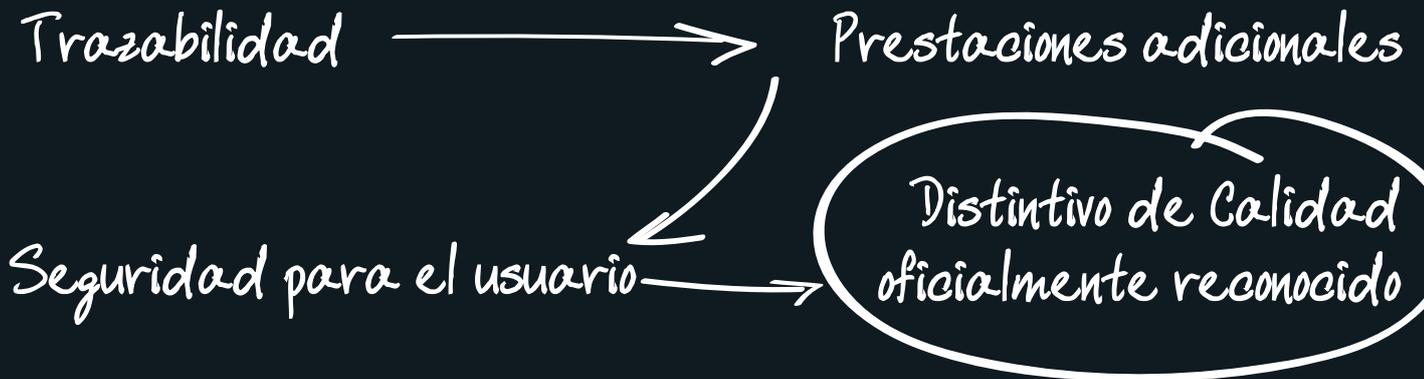
*El hormigón en edificios de gran altura:  
realizaciones en Madrid*

**FERROTECNIA**

*Estribo continuo de ramas verticales y paso variable*

# ARCER

## Armaduras para Hormigón



Los aceros ARCER cuentan con la confianza y reconocimiento de sus usuarios, gracias a la labor continua de investigación e innovación tecnológica efectuada. Mayores prestaciones, seguridad y elevado nivel de calidad siguen siendo nuestra mejor carta de presentación.



Éstos aceros están en posesión de un distintivo de calidad oficialmente reconocido por la Administración, lo que les permite beneficiarse de las consideraciones especiales previstas a tal efecto por la reglamentación obligatoria en materia de hormigón estructural.



# 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.

A través de la dirección de correo electrónico [zuncho@ferraplus.com](mailto:zuncho@ferraplus.com) puede enviar sus propuestas y comentarios a la redacción de la revista.

#### DIRECTOR DE LA PUBLICACIÓN:

Julio José Vaquero García

#### COORDINADORA EDITORIAL

Raquel Martín-Maestro Arranz

#### ASESORES:

Juan Jesús Álvarez Andrés  
Emilio Caro de la Rosa  
Ignacio Cortés Moreira  
Antonio Garrido Hernández  
Eduardo Gimeno Fungairiño  
Valentín Trijueque y Gutiérrez de los Santos  
Luis Vega Catalán

#### EDICIÓN:

CALIDAD SIDERÚRGICA, S.L.  
C/ Orense 58, 10º C  
28020 Madrid

#### DISEÑO, PRODUCCIÓN Y PUBLICIDAD:

Advertising Label 3, S.L. (ALCUBO)  
Tel.: 91 553 72 20  
Fax: 91 535 38 85

#### IMPRESIÓN:

MEDINACELI PRINTER, S.L.

Depósito legal: M-43355-2004  
ISSN: 1885-6241

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

## 3 EN PORTADA

- El hormigón en edificios de gran altura: realizaciones en Madrid.

## 15 FERROTECNIA

- Estribo continuo de ramas verticales y paso variable.

## 27 SOLUCIONES TÉCNICAS

- Anclaje/solape de barras corrugadas con resina.

## 36 NOTICIAS

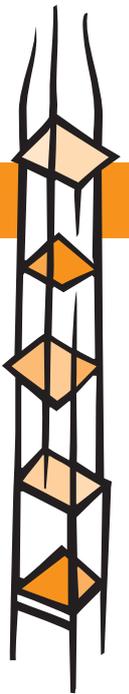
- CELSA y Siderúrgica Sevillana, las primeras empresas reconocidas con la marca Sostenibilidad Siderúrgica.
- Hierros Santa Cruz incorpora un nuevo centro de producción a FerraPlus.
- Javier Sabadell nuevo Secretario General de ATEG.
- El consumo de cemento comienza 2011 en valores mínimos.
- AENOR crea dos nuevos certificados: RS y GVE.





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

Ingeniería para el ciclo de vida de las estructuras



# EL HORMIGÓN EN EDIFICIOS DE GRAN ALTURA: REALIZACIONES EN MADRID

**Hugo Corres Peiretti** - FHECOR, Ingenieros Consultores.

**Miguel Gómez Navarro** - MC-2, Estudio de Ingeniería. Actualmente en la Universidad Europea de Madrid.

*El uso de hormigón en edificios de gran altura ha aumentado significativamente en los últimos veinte años gracias a las mejoras tecnológicas producidas en torno a este material: aditivos, métodos de transporte, bombeo y elevación, etc. Una muestra representativa la constituyen las cuatro torres que se construyeron en Madrid recientemente, con una altura cercana a los 250 metros. En este artículo se describen los principales elementos estructurales destacando las ventajas ofrecidas por el hormigón en comparación con otros materiales habitualmente utilizados en la construcción de edificios de altura. En estas torres se han utilizado una amplia variedad de hormigones: de alta resistencia, autocompactantes, ejecutados in situ, prefabricados, armados, pretensados e incluso hormigones ligeros. Estas realizaciones ponen de manifiesto que, incluso en obras en las que el peso propio es un elemento determinante el hormigón, puede ser la mejor solución si se tienen en cuenta todos los factores que intervienen en el éxito de una obra: geometría, facilidad de ejecución, medios de elevación y transporte, prefabricación, repetitividad, costes de los materiales, requisitos de control, etcétera.*

**D**urante las últimas décadas del siglo XX y el tiempo transcurrido del actual siglo XXI se ha producido un extraordinario avance en el diseño y la construcción de edificios de gran altura, con un vertiginoso incremento de la altura de éstos. Si durante el siglo XX la altura máxima alcanzada se sitúa en el entorno de los 500 m, durante los próximos años este valor probablemente se va a incrementar más del doble, con increíbles proyectos de edificios de aproxi-

madamente 1.200 m de altura. El hormigón, con sus nuevas prestaciones, se presenta como un material ideal para resolver algunos de los problemas que presentan este tipo de estructuras, especialmente las de altura mediana. En este sentido, la prestigiosa organización del hormigón a nivel mundial, fib<sup>1</sup>, está formando un nuevo grupo de trabajo en el que se reunirán expertos mundiales en la materia para poner en común las experiencias adquiridas en los últimos años y estudiar los nuevos retos que supone la utilización del hormigón estructural en este tipo de edificios [1].

Este artículo es traducción del publicado por los autores en el número 2 del año 2010 de la revista Structural Concrete con el título "Concrete in high-rise buildings: practical experiences in Madrid".

<sup>1</sup> Federación Internacional del Hormigón Estructural (The International Federation for Structural Concrete).



## EN PORTADA

En el verano de 2008 se finalizó en Madrid la construcción de cuatro torres de 250 m de altura, todas ellas construidas de forma simultánea, con alturas y superficies en planta similares, en las que participaron las empresas de arquitectura e ingeniería que se relacionan a continuación:

### a) Torre Caja Madrid

Estudio de arquitectura: Foster and Partners, Londres (Reino Unido).

Ingeniería: Halvorson and Partners, Chicago (EEUU) y ARQUING, Madrid (España) [2].

### b) Torre Sacyr-Vallehermoso

Estudio de arquitectura: Rubio y Álvarez-Salas, Madrid (España).

Ingeniería: MC2, Madrid (España) [3].

### c) Torre de Cristal

Estudio de arquitectura: Pelhi Clarke Pelli Architects, New Haven (EEUU).

Ingeniería: OTEP Internacional, Madrid (España).

Asistencia técnica a la empresa constructora: FHECOR, Madrid (España) [4].

### d) Torre Espacio

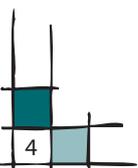
Estudio de arquitectura: Pei, Cobb, Freed and Partners, Nueva York (EEUU). Ingeniería: MC2, Madrid (España) [5].

En todas ellas se ha empleado hormigón estructural junto con acero y otros materiales compuestos. Se han utilizado distintos tipos de hormigones en función del elemento estructural y de la torre en cuestión, cubriéndose prácticamente todas las variedades de este producto: vertido *in situ*, prefabricado, convencional, ligero, de alta resistencia, auto-compactante, armado, pretensado, postesado con tendones adherentes y postesado con tendones no adherentes.

En este artículo se describen las principales características de las estructuras, destacando las ventajas ofrecidas por el hormigón en comparación con otros materiales comúnmente utilizados en la construcción de edificios de gran altura. La totalidad de los proyectos de las estructuras se llevaron a cabo de acuerdo con la reglamentación y la normativa española.



⇒ **Figura 1.-** Vista general de las cuatro torres. De izquierda a derecha: Torre Caja Madrid, Torre Sacyr-Vallehermoso, Torre de Cristal y Torre Espacio (Cortesía de Dragados).





⇒ **Figura 2.-** Vista general de la losa de cimentación de Torre Espacio en la que se aprecian los cables de pretensado.

### CIMENTACIONES

En general, la cimentación de los edificios de gran altura se resuelve con hormigón estructural. Sin embargo, hasta ahora no se habían aprovechado de forma significativa las ventajas que ofrecen determinados tipos de hormigón y que sí se han empleado en la construcción de estas torres, tales como:

- La utilización de hormigón autocompactante en losas de cimentación densamente armadas.
- La utilización de pretensado, que permite la transmisión al terreno de grandes cargas concentradas a través de la losa de cimentación sin que las tensiones medias superen los límites admisibles de éste, reduciendo la densidad de la armadura pasiva y efectuando un adecuado control de la fisuración (Figura 2). El pretensado se utiliza también en encepados de pilotes formados por un gran número de pilotes o por pilotes de gran diámetro.

### PILARES

En las torres se han empleado pilares de hormigón y pilares mixtos, con la excepción de la **Torre Caja Madrid**. El uso de pilares mixtos, formados por perfiles de acero embebidos en hormigón, en la **Torre Sacyr-Vallehermoso** simplificó notablemente la construcción de las losas mixtas, gracias a la posibilidad de conectar los perfiles de acero de los pilares y las vigas por medio de una unión atornillada. El uso de un hormigón HA-70 hasta una altura de 140 m hizo posible una significativa reducción de costes gracias

a la mejor relación resistencia/coste con respecto a una solución con acero estructural (Figura 3). La conexión entre las secciones de los pilares metálicos era bastante simple, ya que la unión atornillada tenía que resistir las tensiones debidas a la acción del viento únicamente durante la construcción. Las fuerzas de compresión resistidas por los perfiles de acero se transmiten por el contacto entre ellos, mientras que las fuerzas de tracción en la sección mixta se resisten exclusivamente por medio de la armadura. Los perfiles de acero utilizados son del tipo S355 y su tamaño máximo es un HEM 300. A pesar de la importante concentración de barras de armado y la incidencia de las longitudes de solapo —casi un tercio de la armadura— no se utilizaron conexiones mecánicas debido a su elevado coste.



⇒ **Figura 3.-** Torre Sacyr-Vallehermoso: pilar mixto antes del hormigonado.



## EN PORTADA

En los pilares perimetrales de la Torre de Cristal, que trabajan fundamentalmente como elementos a compresión, se ha utilizado una sección transversal circular constante de 95 cm de diámetro. En ellos se ha utilizado un hormigón autocompactante HA-45 en el que queda embebido un perfil metálico de sección decreciente a medida que aumenta la altura. En las plantas inferiores se utilizaron perfiles tipo HD de acero Histar S460 y espesor variable hasta 120 mm (Figura 4).

Debido al espesor inusualmente grande de los perfiles y la necesidad de incrementar la velocidad de ejecución, éstos se consideraron exclusivamente como elementos a compresión trabajando por contacto, encomendando a la armadura pasiva la resistencia de las tracciones generadas por los esfuerzos de flexión entre plantas.

Desde el punto de vista de la ejecución, fue necesario idear un sistema de acoplamiento de las secciones su-

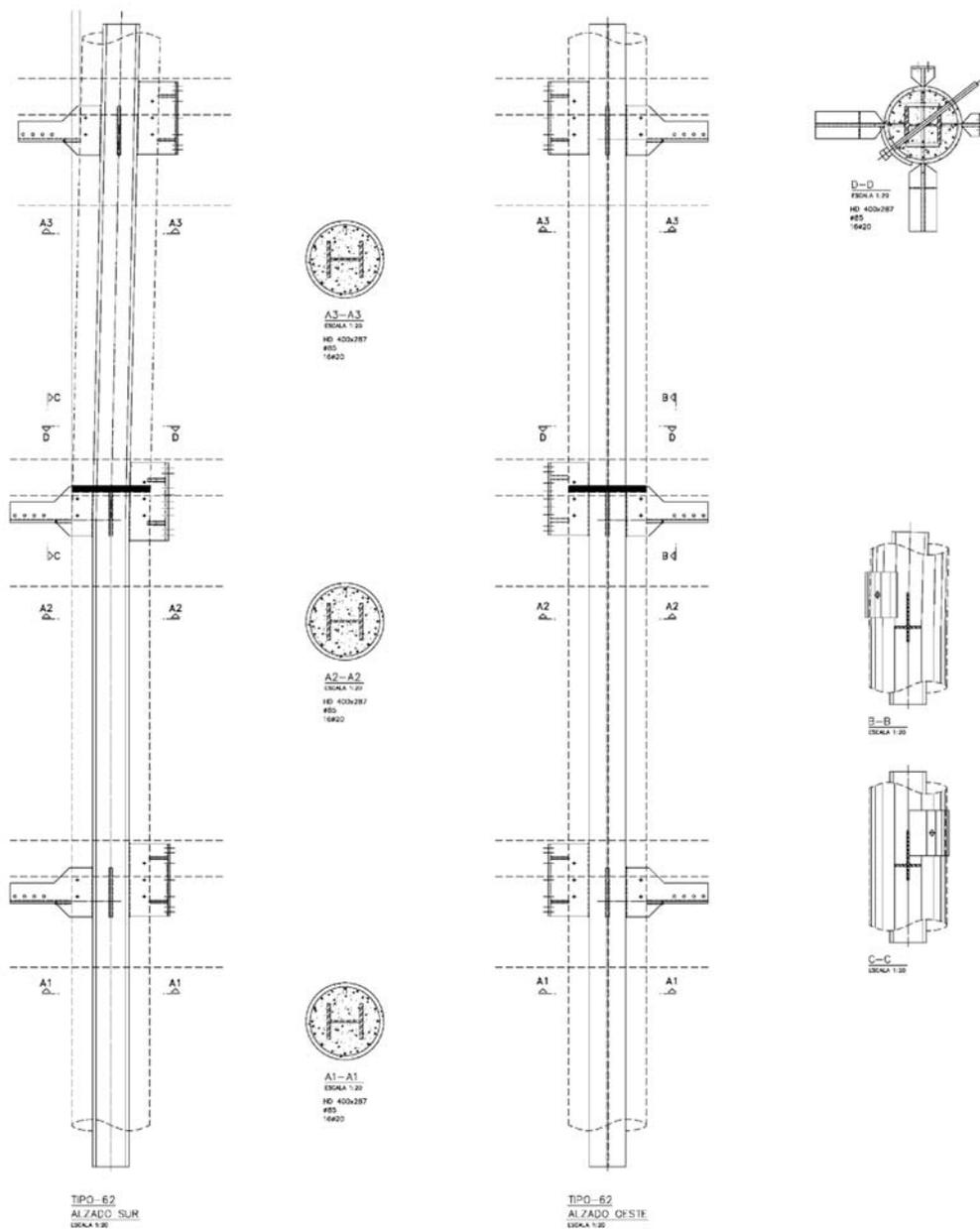


Figura 4.- Torre de Cristal: perfiles metálicos embebidos en los pilares de hormigón armado.



Figura 5.- Torre de Cristal: ensamble de los pilares compuestos.

cesivas de los pilares que garantizase las condiciones de planeidad y perpendicularidad con el fin de minimizar los problemas de contacto entre ellas. Los perfiles de acero se dividieron en secciones correspondientes a tres plantas y se izaron hasta su posición con la armadura pasiva ya colocada (Figura 5). El empleo de hormigón autocompactante fue importante para minimizar los problemas de hormigonado, dada la gran densidad de armadura y la presencia del perfil de acero. En este caso, el requisito de la resistencia del hormigón no era muy elevado (HA-45).

El empleo de pilares mixtos de hormigón de alta resistencia minimiza el efecto del desplazamiento diferencial vertical entre los pilares y el núcleo central. El acero estructural reduce las tensiones diferidas del hormigón, a la vez que el hormigón de alta resistencia presenta unas tensiones diferidas menores a las del hormigón convencional. Por lo tanto, este diseño conlleva una reducción de la diferencia de desplazamientos verticales entre los pilares situados a lo largo del perímetro del edificio y el núcleo rígido.

En Torre Espacio se emplearon principalmente pilares de hormigón armado, con un hormigón HA-70 en las plantas inferiores, cuya resistencia se fue reduciendo a partir de la cota + 24:00 a HA-40 y HA-30 (Figura 6). Para determinar la mejor solución para los pilares se llevó a cabo un detallado análisis en el que se incluyeron los costes unitarios, la influencia de la velocidad de

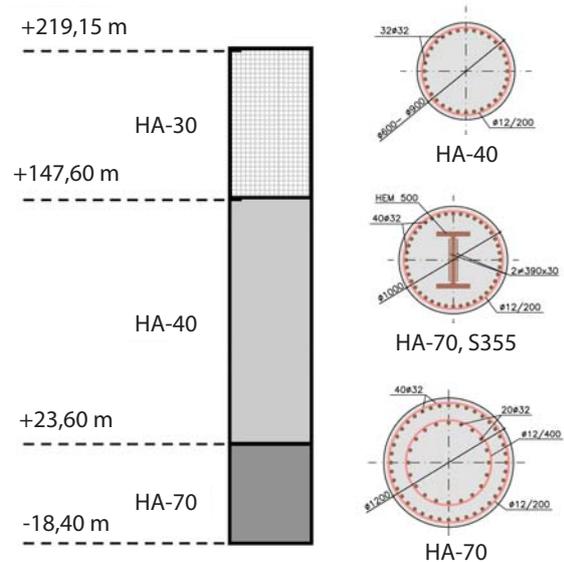


Figura 6.- Torre Espacio: variación de la resistencia del hormigón a lo largo de la altura de la torre.



## EN PORTADA

construcción y de los requisitos arquitectónicos. En las plantas subterráneas los pilares principales son de 1.200 mm de diámetro y tienen dos capas de armado de barras de 32 mm de diámetro. Por el contrario, en el área de acceso, con requisitos arquitectónicos más exigentes, se embebieron perfiles de acero S355 en los pilares de hormigón armado (HA-70) para reducir sus dimensiones (Figura 7). Se prestó una especial atención a los detalles de las zonas de unión entre pilares y losas. En algunas zonas con una significativa concentración de barras de armado y acopladores mecánicos, se utilizó un mortero de alta resistencia en lugar de hormigón. En la zona de intersección entre pilares y losas, se practicaron aberturas en las almas de los perfiles de acero para permitir el paso de las barras de armado.

También se llevó a cabo un estudio detallado para evaluar la incidencia de los asentamientos diferenciales entre los núcleos y los pilares. Este estudio consideró la influencia del proceso de construcción, la media de tensiones permanentes de compresión, que pueden ser muy diferentes en función del tipo de núcleo o pilar considerado, y las diferentes propiedades reológicas entre los materiales, teniendo también en cuenta la significativa dispersión asociada a estos parámetros. Este estudio fue particularmente importante en la evaluación del comportamiento de la fachada debido a la peculiar geometría del edificio y a la variable configuración de los soportes (Figura 8).

## FORJADOS

Hoy en día son abundantes las tipologías estructurales que pueden utilizarse para los forjados. En las torres de Madrid se han usado o estudiado casi todos los tipos posibles.

En Torre Caja Madrid y Torre Sacyr-Vallehermoso, se han utilizado losas mixtas convencionales apoyadas sobre un entramado de vigas metálicas y/o vigas mixtas. En **Torre Caja Madrid** se ha utilizado hormigón ligero para reducir las cargas permanentes sobre los soportes y núcleos. El uso de barras de armado adicionales en las zonas de vano de la losa mixta en la **Torre Sacyr-Vallehermoso** evitó la necesidad de emplear una protección ignífuga adicional para alcanzar la resistencia al fuego especificada RF-180. El sistema constructivo utilizado, que combina las ventajas de las estructuras de acero y de las estructuras de hormigón, permitió que la velocidad de ejecución se mantuviese en un piso por semana, con unos moderados costes y nivel de complejidad (Figura 9).

En la **Torre de Cristal** se diseñó un original sistema formado por una estructura mixta horizontal y losas alveolares prefabricadas. Esta solución se adoptó gracias a que los medios de elevación eran com-



⇒ **Figura 7.-** Torre Espacio: pilares compuestos en la base de la torre.



⇒ **Figura 8.-** Torre Espacio: pilares inclinados que desaparecen en las plantas superiores.

patibles con la colocación de las losas alveolares y a que se consideró que su empleo permitiría aumentar el ritmo de ejecución (Figura 10). Con este sistema, se pudo construir una planta por semana. En relación a la protección contra el fuego, ésta pudo reducirse sustancialmente en comparación



⇒ **Figura 9.-** Torre Sacyr-Vallehermoso: montaje y hormigonado del forjado mixto.



⇒ **Figura 10.-** Torre de Cristal: solución de losas alveolares utilizada para los forjados de la estructura.



## EN PORTADA



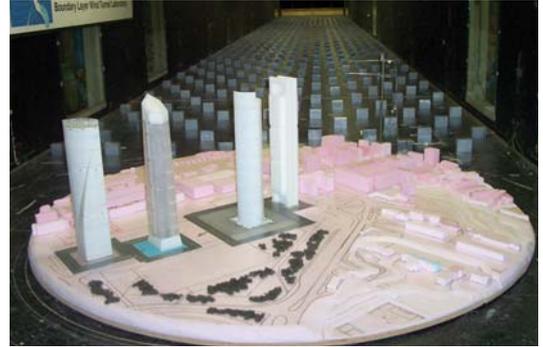
⇒ **Figura 11.-** Torre Espacio: confinamiento con armadura en la unión de losas y pilares con hormigones de distinta resistencia.

con la que habría sido necesaria con una solución metálica o mixta, ya que únicamente tuvieron que protegerse las alas inferiores de las vigas.

En **Torre Espacio** la geometría de los forjados variaba continuamente a lo largo de la altura. La losa maciza de hormigón armado utilizada, de 280 mm de espesor, se adaptaba fácilmente a esta variación, dando lugar a un ritmo de ejecución de tres o cuatro losas al mes. No se utilizó pretensado debido a la forma curvada de la planta y a la abundante presencia de huecos que dificultaban extraordinariamente la disposición de cables y anclajes. Cuando existían hormigones de distinta resistencia en pilares y losas, la unión entre ellos se resolvía mediante el uso de una armadura de confinamiento. Esta armadura, compuesta por cinco estribos circulares de 25 mm de diámetro, incrementaba la resistencia del hormigón de la losa (HA-30) hasta el valor requerido en los pilares (HA-70) (Figura 11). Con esta solución el hormigonado de las losas se simplificó en gran medida al poder llevarse a cabo en una sola operación.

## ELEMENTOS RESISTENTES A VIENTO

De acuerdo con la normativa sismorresistente no es necesario considerar acciones de tipo sísmico en el proyecto de edificios que vayan a ser construidos en Madrid. Por lo tanto, las únicas fuerzas horizontales consideradas fueron las causadas por el viento, que fueron determinadas para las cuatro torres por medio de



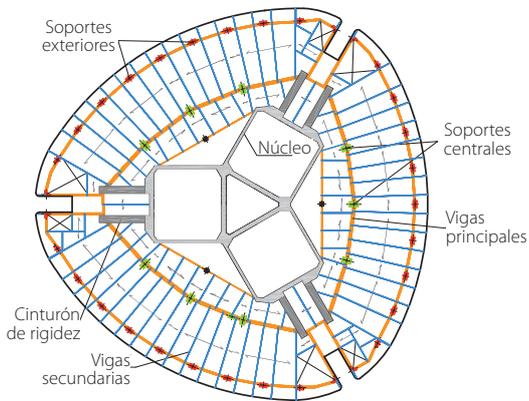
⇒ **Figura 12.-** Ensayo en túnel de viento realizado en la Universidad de Ontario, Canadá.

ensayos de túnel de viento llevados a cabo en el laboratorio de la Universidad de Ontario (Canadá) (Figura 12).

En **Torre Caja Madrid**, los elementos resistentes al viento son dos núcleos de hormigón armado situados a cada lado de la torre, que también soportan las cargas verticales. Asimismo, en **Torre de Cristal** las cargas horizontales se resisten exclusivamente por medio del núcleo, que en este caso es uno sólo situado en el centro de la torre, construido en hormigón armado. Como es habitual en este tipo de elementos, se precisan un gran número de orificios en los muros del núcleo por razones de funcionalidad del edificio.

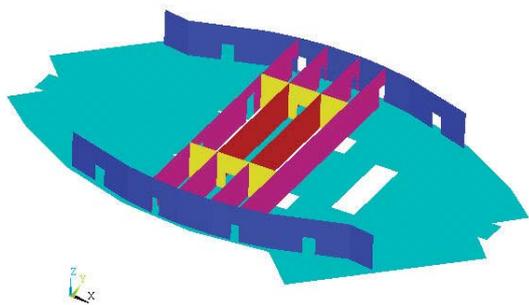
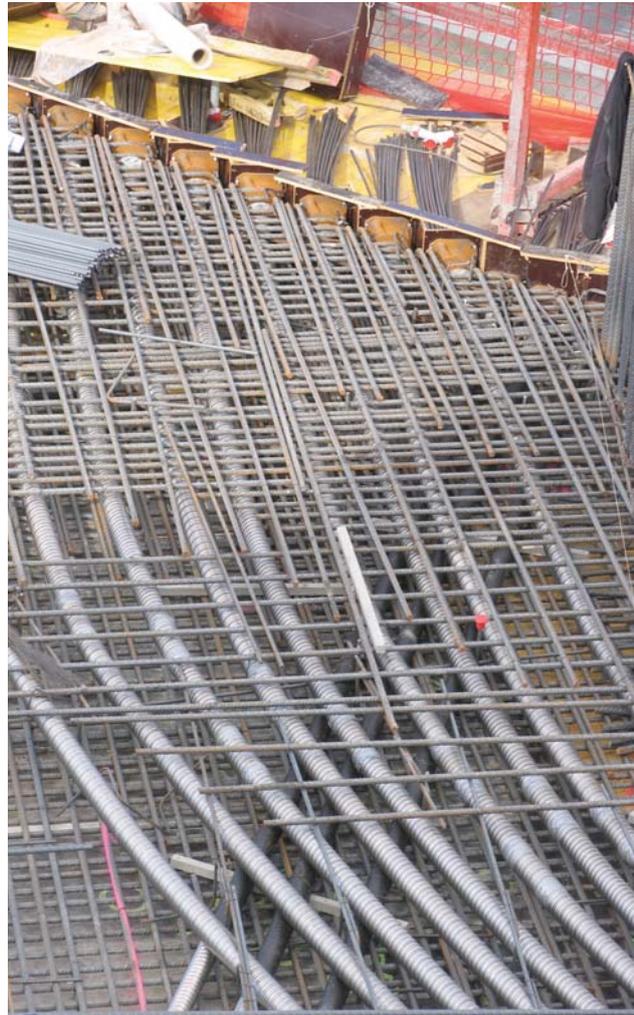
Tanto en Torre Sacyr-Vallehermoso como en Torre Espacio, algunos de los elementos estructurales de hormigón colaboran con los núcleos rígidos para resistir la fuerza del viento. Las dimensiones del núcleo central de tres lóbulos en **Torre Sacyr-Vallehermoso** son suficientes para resistir el 90 % de las cargas de viento, requiriendo la colaboración de un cinturón de rigidez simple que se puede situar en la parte superior del edificio, aunque ésta no sea la posición óptima (Figura 13).

Los diseños del núcleo y del cinturón de rigidez se vieron condicionados por la presencia de huecos en la torre, ya que sólo una pequeña parte de las cargas verticales se transmiten al núcleo, perdiendo así el efecto beneficioso que estas fuerzas tienen sobre un elemento que debe resistir sobre todo momentos de flexión.

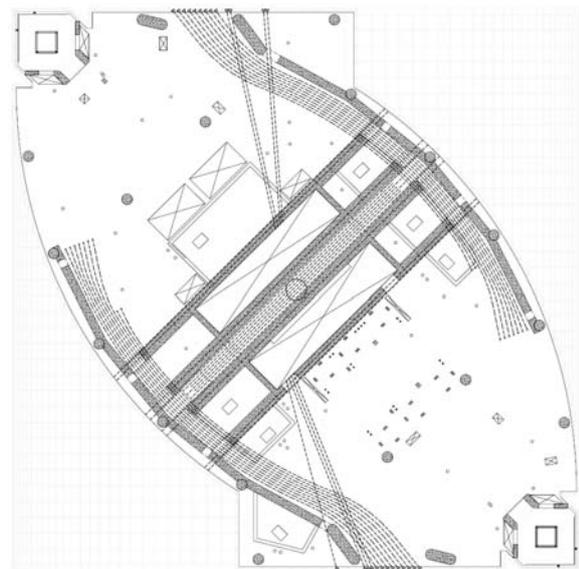


⇒ **Figura 13.-** Torre Sacyr-Vallehermoso: núcleo central de hormigón armado y cinturón de rigidez en la parte superior del edificio.

En **Torre Espacio**, el núcleo central principal se combina con dos núcleos secundarios laterales que desaparecen a una altura intermedia junto con el grupo de ascensores inferiores. Estos núcleos se han diseñado en hormigón armado y se han construido con encofrados autotrepantes. Además, a los dos tercios de la altura de la torre se ha construido un importante cinturón de rigidez, en una planta técnica ocupada por los instrumentos y equipos mecánicos. Este elemento rígido conecta diez pilares principales con el núcleo central por medio de un grupo de muros longitudinales y transversales conectados con las losas superior e inferior, creando una malla espacial muy eficiente (Figura 14). Debido a los altos valores de las fuerzas que deben ser transmitidas por la estructura, se tuvieron que incluir cables de pretensado en las losas (las unidades estaban formadas por hasta 19 cables de 0,6 pulgadas (15 mm) de diámetro) y en los muros (Figura 15). Además, las elevadas



⇒ **Figura 14.-** Torre Espacio: cinturón de rigidez conectando pilares y núcleo central.



⇒ **Figura 15.-** Torre Espacio: disposición del pretensado en las losas del cinturón de rigidez.



## EN PORTADA



Figura 16.- Torre Sacyr-Vallehermoso: cerchas mixtas para retirar los soportes en la base de la torre.

fuerzas de compresión que debían ser resistidas por las losas exigió el uso de un hormigón HA-80. La empresa constructora realizó estudios detallados para garantizar la capacidad de bombeo de este tipo de hormigón que normalmente se utiliza en elementos y en alturas que no requieren el uso de bombas. En el diseño de este cinturón se optó por el hormigón en lugar del acero debido al elevado peso propio de los elementos de acero necesarios, que suponían una mayor complejidad de ejecución. Además, la rigidez de la solución con hormigón es significativamente mayor que la solución metálica o mixta, a pesar de la influencia de los orificios para huecos, puertas y tuberías.

El análisis numérico realizado durante el proyecto mostró la influencia del cinturón de rigidez en la distribución de las cargas de gravedad, debido tanto al comportamiento instantáneo como a largo plazo. Como consecuencia, casi el 50 % de las fuerzas resistidas por este elemento se originaron por la gravedad.

La principal ventaja de las losas de hormigón armado utilizadas en Torre Espacio es que contribuyen al comportamiento general resistente al viento de la torre sin un aumento significativo en la armadura necesaria. Incluso su rigidez individual no es significativa; todas ellas combinadas y rígidamente conectadas con el núcleo central son capaces de transmitir más del 30 % de la carga de viento a los pilares que resisten estas cargas horizontales, con fuerzas de tracción o compresión que no incrementan los valores de cálculo correspondientes a las cargas de gravedad máximas.

## ELEMENTOS DE TRANSMISIÓN DE CARGAS VERTICALES

En este tipo de edificios es común que algunos soportes deban eliminarse en las plantas bajas con el fin de mejorar la funcionalidad de las áreas de acceso. Como las cargas son especialmente altas estos elementos de transmisión son, por lo general, estructuras complejas que deben aprovechar las mejores propiedades de cada material.

En la entrada de **Torre Sacyr-Vallehermoso** tuvieron que retirarse uno de cada dos soportes. A tal efecto, un par de bielas inclinadas transmiten la carga a los soportes inferiores, conectándose en la parte superior por medio de un potente atado (Figura 16). Estas bielas y los correspondientes atados se proyectaron como elementos mixtos similares a los pilares mixtos de la torre, a pesar de que los valores más altos de las fuerzas que tienen que resistir requiere un mayor uso de acero estructural y de armadura. Se realizó un detallado análisis de las fuerzas transmitidas en los nudos y entre los diferentes materiales estructurales.

En el caso de **Torre Espacio**, esta situación se presenta en el vestíbulo de entrada y la solución adoptada es la de una pareja de celosías mixtas de 8 m de canto, equivalente a los dos pisos correspondientes a áreas técnicas, ubicadas sobre los vestíbulos de entrada. Los tirantes y las diagonales de estas celosías son cajas de acero, pero los tirantes están conectados con las losas de hormigón



Figura 17.- Torre Espacio: celosías mixtas en la base de la torre.

para mejorar el comportamiento de la estructura. Las diagonales incluyen algunos cables de pretensado para reducir el tamaño de la sección de acero y para mejorar el control de las deformaciones de las celosías y de las fachadas afectadas por ellas. Los soportes verticales exteriores están embebidos en un soporte de hormigón armado para mejorar su estabilidad (Figura 17).

### CONCLUSIONES

Las nuevas posibilidades del hormigón desde el punto de vista de la resistencia, la tecnología y la ejecución requieren una revisión de las posibles aplicaciones de este material en todas las tipologías estructurales existentes y también, por supuesto, en los edificios de gran altura.

El uso apropiado, inteligente y creativo de los nuevos tipos de hormigón amplía el ámbito de aplicación de este material abriendo nuevas posibilidades de diseño que hasta ahora han sido inexplorados. Estas posibilidades se han ilustrado con los ejemplos de las cuatro torres de reciente construcción en Madrid, en las que se ha utilizado extensamente el hormigón en muy diversas variedades. Estas torres muestran claramente que, incluso en las estructuras donde el papel del peso propio es dominante, el hormigón puede ser la mejor solución si se consideran

todos los factores que intervienen en el éxito de una obra de construcción: la geometría, la facilidad de ejecución, los medios de elevación, la prefabricación, la repetitividad, el coste de los materiales, los requisitos de control, etcétera.

### BIBLIOGRAFÍA

1. Corres, H., Romo, J. y Romero, E. (2008). High rise buildings. The challenge of a new field of possibilities for the use of structural concrete. Tailor Made Concrete Structures (Walraven, J.C. y Stoelhorst, R. (eds)). Taylor and Francis, Londres, p. 182.
2. Lakota, G. y Alarcón, A. (2008). Torre Caja Madrid: cálculo de estructuras de un edificio singular de 250 m en Madrid. Hormigón y Acero 59 (249): páginas 181 a 202.
3. Martínez Calzón, J. y Gómez Navarro, M. (2008) Torre Sacyr-Vallehermoso. La estructura del edificio. Hormigón y acero 59 (249): páginas 123 a 150.
4. Blanco Temprano, P.J., Herrera Castilla, C. y Viñals J.I. (2008) Torre de Cristal. Proyecto de un edificio de gran altura. Hormigón y Acero 59 (249): páginas 71 a 87.
5. Martínez Calzón, J. y Gómez Navarro, M. (2008) Torre Espacio. La estructura del edificio. Hormigón y Acero 59 (249): páginas 19 a 43.



Bamboo Tower (Shenzhen)



Torre Diagonal Zero-Zero



Torre Espacio



Torre SyV



Torre del Agua

Teatros del Canal



Edificio Gas Natural



Cubierta Aeropuerto de Alicante



## Proyectos de Estructuras

Edificios  
Cubiertas  
Pasarelas  
Puentes

Dirección y Control de Obras  
Asistencia Técnica Estructural  
Rehabilitación



Pabellón de España Expo 2010 Shanghai



Complejo La Pallaresa

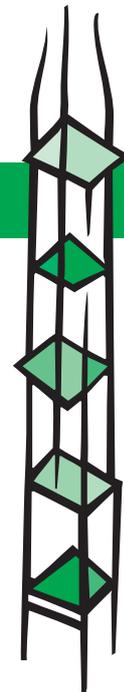


Madrid Arena



Victor de la Serna, 21  
28016 Madrid  
☎ (+34) 91 519 74 77  
mc2@mc2.es

# ESTRIBO CONTINUO DE RAMAS VERTICALES Y PASO VARIABLE



**Julio Vaquero** - Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. IPAC  
**Simone Rupoli** - Director General de Schnell SpA

*Una nueva forma de entender la industrialización de la ferralla. Así se podría resumir la interesante iniciativa desarrollada por Schnell, merecedora del premio MATEXPO 2009 a la innovación. La elaboración de un estribo continuo que, mejorando las prestaciones de los estribos tradicionales, facilita en gran medida no sólo los procesos de elaboración y trazabilidad, sino también la rapidez de ejecución en obra y la certeza de que el número y la posición de los estribos será el especificado en proyecto.*

*En este artículo se describe esta nueva forma de elaboración de la armadura transversal, se justifica su funcionamiento estructural y se destacan las ventajas que puede representar su utilización.*

La armadura transversal tiene como objetivo principal absorber los esfuerzos de tracción y torsión a los que puede verse sometido un elemento estructural, proporcionando un efecto de zunchado al hormigón que mejora su comportamiento. Otra de las misiones de la armadura transversal es reforzar aquellas zonas en las que se producen concentraciones de tensiones, como puede ser el caso de zonas de solape de armaduras, e incluso atar y confinar a la armadura principal para evitar su pandeo cuando se encuentra sometida a fuertes compresiones.

Tradicionalmente los estribos se disponen con sus ramas verticales perpendiculares a la armadura principal y se cierran para garantizar su anclaje al hormigón. Sin embargo, por su forma de fabricación el estribo no puede ser perfectamente continuo en su plano, puesto que al menos uno de sus vértices se interrumpe y en él se disponen ganchos de anclaje.

En el año 2004 la empresa italiana de maquinaria Schnell comenzó a investigar la posibilidad de desarrollar un sistema que permitiera la elaboración de la armadura transversal de forma continua, manteniendo la verticalidad de las ramas responsables de absorber los esfuerzos cortantes y su posición en el mismo plano transversal de la pieza. Como resultado se desarrolló un equipo capaz de elaborar este tipo de armadura al que bautizaron con el nombre de Spirex.

La separación entre estribos se consigue mediante la inclinación de las ramas horizontales, pudiéndose inclinar una de ellas o las dos, dependiendo de las exigencias de proyecto. Esto permite que la separación entre ramas verticales sea constante o variable para responder a las necesidades del proyecto: con menor separación en las zonas críticas que suelen presentarse en los extremos de las piezas y mayor separación en la zona central.

**"El comportamiento de vigas armadas con estribos continuos o tradicionales es similar"**



## FERROTECNIA

Una vez elaborada la armadura transversal se compacta, se ata y se etiqueta con la información de trazabilidad relativa al elemento estructural al que va destinada. El paquete, extraordinariamente compacto, recupera su forma una vez que se elimina el atado.

### COMPORTAMIENTO DEL ESTRIBO CONTINUO

La existencia de ramas verticales y ramas horizontales con una cierta inclinación puede introducir dudas a algunos técnicos en relación a su comportamiento estructural, lo cual les puede llevar a prescindir de su uso en las obras bajo su responsabilidad.

Con el fin de aportar datos sobre el comportamiento de este tipo de solución, se llevó a cabo un estudio experimental en el Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Florencia [1] consistente en el ensayo hasta rotura de vigas de hormigón armado de sección rectangular (23 x 36 cm) en las que se midieron las deformaciones y cargas últimas alcanzadas, así como la forma de colapso, con el fin de comparar los resultados obtenidos cuando la armadura transversal está formada por cercos tradicionales, o por una armadura transversal continua.

Uno de los objetivos del estudio era determinar si la inclinación de las ramas horizontales podía conducir a modelos de rotura diferentes a los habituales mecanismos "planos" de análisis.

Además de la diferencia en el tipo de armado transversal utilizado, se dimensionaron vigas para que la rotura se produjera por cortante y otras para que el fallo se produjera por flexión. En definitiva, en las primeras se dispuso una importante armadura

longitudinal ( $\rho = 2,10 \%$ ), mientras que en el segundo grupo la cuantía de armadura era sensiblemente baja ( $\rho = 0,82 \%$ ).

Los ensayos se efectuaron en el laboratorio de Estructuras de la Universidad de Florencia con el esquema de ensayo que se muestra en la Figura 1. Se trata de un ensayo a flexión en 4 puntos con una distancia entre cargas de 160 cm, que deja una zona de posible fractura por corte de 90 cm; aproximadamente 3 veces el canto útil de la sección. Las cargas de ensayo se introdujeron mediante dos actuadores hidráulicos.

Durante el ensayo se efectuaron medidas continuas de los siguientes parámetros:

- Fuerzas aplicadas por los actuadores (P1 y P2).
- Desplazamiento vertical mediante transductores de desplazamiento situados en las proximidades de los apoyos y en coincidencia con las zonas de aplicación de las cargas.
- Deformación del hormigón mediante transductores de desplazamiento. En la zona de momentos constantes se colocaron 2 transductores en trasdós e intradós de la viga, mientras que en la zona de corte constante se dispusieron 4 transductores para medir la deformación en sentido diagonal.
- Deformación de las armaduras mediante extensómetros dispuestos tanto en la armadura longitudinal como transversal.

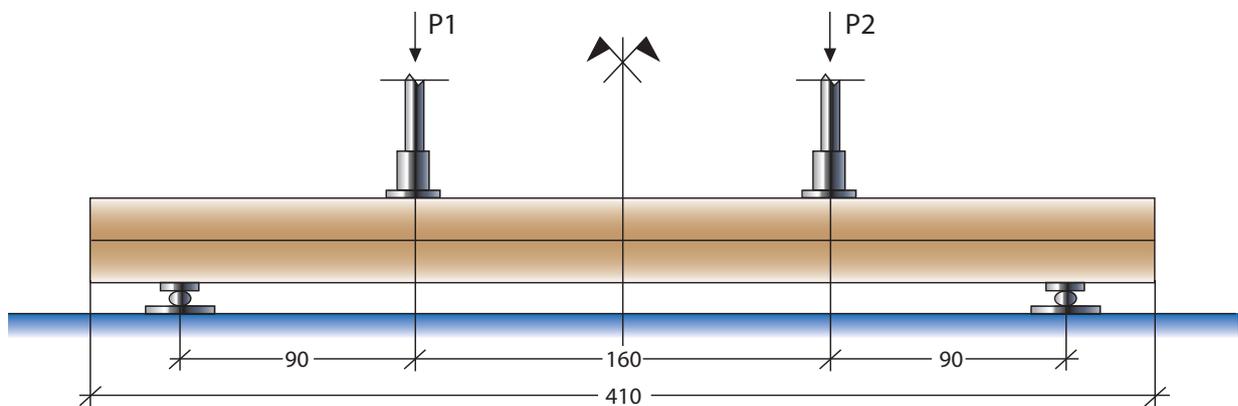


Figura 1.- Disposición del ensayo a flexión.

## "El empleo de estribos continuos mejora la ductilidad en vigas por su mayor efecto de confinamiento"

Los resultados obtenidos pusieron de manifiesto:

1. Un comportamiento similar hasta alcanzar la carga última, tanto en el tramo elástico como pseudoelástico, de las vigas cuyo fallo se produjo por cortante.
2. El valor del cortante último coincidió, prácticamente, con el determinado previamente mediante análisis, y no se vió influenciado por el tipo de armadura transversal empleado.
3. La forma de rotura fue similar en todas las vigas analizadas, si bien se pudo observar una menor concentración de fisuras en el caso del estribo continuo.
4. Los valores de corte residual tras alcanzar la carga última fueron mayores en el caso de los estribos continuos, con un comportamiento más dúctil.
5. El momento último en las vigas dimensionadas para romper por flexión fue comparable en ambos casos.

Las conclusiones finales del estudio fueron las siguientes:

- La disposición de la armadura transversal en forma de estribos tradicionales o en forma de estribo continuo confiere a las vigas unas capacidades similares, no observándose fenómenos particulares de comportamiento en las fases anteriores o posteriores a la rotura.
- En términos de resistencia residual al corte tras superar el cortante último, las vigas armadas con estribos continuos han mostrado un mejor comportamiento.
- En ambos casos, se pueden emplear los modelos de cálculo propuestos por los códigos actuales (ACI, Eurocódigo 2 y D.M. 1996) para la evaluación del cortante último.

### ELABORACIÓN DEL ESTRIBO CONTINUO

Al igual que los estribos tradicionales, el estribo continuo se elabora partiendo de acero corrugado en forma de rollo. Tras su enderezado, se procede a efectuar su dobla-

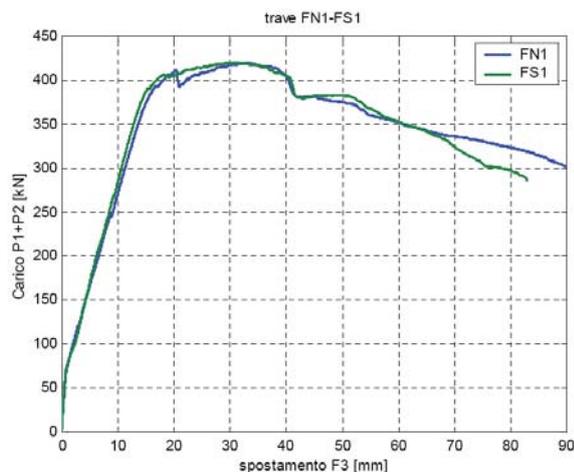


Figura 2.- Diagrama fuerza-desplazamiento en las vigas sometidas a fallo por flexión (viga con estribos tradicionales, FN1, y con estribos continuos, FS1).

do mediante servomotores eléctricos con la inclinación prevista en proyecto. El programa de gestión de la máquina dirige todas las fases de producción, tanto en lo referente a las dimensiones transversales del estribo continuo como a su longitud total, de acuerdo a la planilla correspondiente, finalizando con su compactación y atado.

Este último proceso se efectúa a la salida de la máquina por un sistema automático sincronizado que recoge el estribo continuo y, tras compactarlo y atarlo, le aplica una etiqueta con todas las indicaciones relativas a su trazabilidad.

La posibilidad de compactar el estribo continuo sin alterar sus características geométricas es una de las ventajas operativas más destacables



Figura 3.- Estribo continuo en forma de paquete compacto.



## FERROTECNIA

del sistema de fabricación, pues no sólo reduce las dimensiones del armado, sino que facilita su manejo, transporte y almacenamiento.

## COLOCACIÓN EN OBRA

En el momento en el que el paquete del estribo continuo se abre, éste recupera elásticamente su configuración inicial, por lo que únicamente debe procederse a efectuar el atado con la armadura longitudinal del elemento.

***"El rendimiento de colocación puede multiplicarse por 2 e incluso por 3, con los consiguientes ahorros"***



➔ **Figura 4.-** Colocación en obra del estribo continuo.

El montaje puede efectuarse tanto en el interior de los encofrados, como en las borriquetas de montaje, siendo recomendable fijar mediante atado uno de sus extremos finales antes de proceder a la abertura del paquete.

### FORMAS POSIBLES

El estribo continuo puede realizarse conforme a dos tipos de disposiciones, función de la inclinación de las ramas horizontales:

- Esquema en forma de M.** Las ramas horizontales del estribo se doblan en sentidos opuestos entre sí. Las ramas verticales son perfectamente ortogonales a la armadura longitudinal coincidiendo entre sí de forma alternada, ya que no son coplanares como en el tipo tradicional. Con esta disposición se acentúa el efecto de confinamiento de la armadura sobre el hormigón (Figura 5).
- Esquema en forma de N.** En esta disposición tres de las ramas del estribo son coplanares, mientras que la cuarta rama es la



Figura 5.- Estribo continuo con esquema en forma de M.



Figura 6.- Estribo continuo con esquema en forma de N.



## FERROTECNIA



⇒ **Figura 7.-** Estribos múltiples continuos.

que se dobla en sentido transversal para separar los estribos entre sí (Figura 6).

El estribo continuo puede elaborarse con cualquier tipo de trazado: lineal para vigas y pilares, curvo para utilizarse, por ejemplo, en arcos, con trazados particulares para elementos en forma de L, S o T.

Además, la sección transversal del estribo continuo no se limite a un estribo sencillo, sino que puede adoptar la forma de estribos dobles como los que se muestran en la Figura 7.

Además, la solución de estribo continuo puede emplearse para el armado de zonas concretas del elemento estructural. Es, por ejemplo, el caso de los nudos viga-pilar en estructuras situadas en

zona sísmica o en situaciones donde necesitamos una especial ductilidad. En estos nudos es preciso disponer estribos cerrados para garantizar tanto el confinamiento del hormigón, como para limitar la inestabilidad de la armadura longitudinal.

Por lo general, se trata de zonas densamente armadas, por lo que la utilización de un estribo continuo con la longitud estrictamente necesaria para la zona del nudo puede simplificar enormemente la colocación de la armadura. La espira, se mantendría compactada en el centro de su posición, procediendo a desatarla y colocarla en su posición definitiva una vez finalizado el armado de las vigas (Figura 8).



⇒ **Figura 8.-** Empleo de un estribo continuo en la zona del nudo.

## OPTIMIZACIÓN DE LOS RECURSOS

Esta nueva forma de elaborar la armadura transversal presenta una serie de ventajas en la optimización de recursos, tanto en el número de operarios necesarios para el montaje, como en el tiempo invertido por éstos o la cantidad de acero necesaria para su elaboración.

El Departamento de Ingeniería de la Construcción de la Universidad Federico II de Nápoles ha efectuado un estudio al respecto [2] del que se hace un resumen a continuación.

### Tiempos de colocación

El empleo de la solución de estribos continuos va a requerir un menor tiempo de colocación en obra que la de estribos tradicionales. Para evaluar esta reducción se llevó a cabo una medición de tiempos en una obra real empleando ambos sistemas de armado en elementos de características similares, obteniéndose los resultados que se muestran en la Tabla 1.

Como puede observarse se produce una reducción significativa del tiempo de colocación de la ferralla, o lo que es lo mismo, un sustancial incremento de la productividad que, en función del tipo de viga, puede ser duplicada e incluso triplicada, lo que redundará en una reducción de los costes de mano de obra.

### Reducción de los costes de mano de obra

En la Tabla 2 se recoge el ahorro de mano de obra que supone el empleo del sistema de estribo continuo en el ejemplo anterior, tomando como base los datos de precios del año 2010 del Colegio de Aparejadores de Guadalajara.

### Ahorro de material

En el estudio de la Universidad de Nápoles [2] se ha analizado también el posible ahorro de acero que puede suponer el empleo de los estribos continuos frente a los estribos tradicionales para distintos tipos de elementos estructurales. En concreto se han analizado los siguientes casos:

Tabla 1.- Comparación de tiempos de colocación de estribos en una viga.

Tipo de viga	Tipo de estribo	Peso de la jaula (kg)	Número operarios	Tiempo de montaje (min)	Cantidad de armadura montada (kg/h cuadrilla)
Viga de canto (30 x 60 x 295)	Tradicional	87	3	44	
Viga de canto (30 x 60 x 375)		110	3	38	
<b>Total</b>		<b>197</b>	<b>3</b>	<b>82</b>	<b>144</b>
Viga de canto (30 x 60 x 295)	Spirex	85	3	16	
Viga de canto (30 x 60 x 525)		119	3	13	
<b>Total</b>		<b>204</b>	<b>3</b>	<b>29</b>	<b>422</b>
Viga plana (80 x 25 x 1.634)	Tradicional	728	3	179	244
Viga plana (80 x 25 x 1.795)	Spirex	740	3	89	499

Tabla 2.- Coste de mano de obra de distintos sistemas de colocación de la armadura transversal.

Tipo de viga	Tipo de estribo	Tiempo de montaje (min)	Coste (*) cuadrilla (€/h)	Coste total (€)	Ahorro (€)
Viga de canto	Tradicional	82	53,34	72,90	47,12
	Spirex	29		25,78	
Viga plana	Tradicional	179		159,13	80,01
	Spirex	89		79,12	

(\*) Cuadrilla formada por un obrero especializado (19,08 €/h), un obrero cualificado (17,43 €/h) y un ayudante (16,83 €/h).



## FERROTECNIA

### "Los estribos continuos pueden adoptar multitud de formas manteniendo sus ventajas"

- Vigas de canto de sección rectangular de 30 cm de anchura y canto variable de 30 cm a 100 cm, armadas con estribos  $\varnothing$  10 mm con separaciones de 8 cm a 20 cm.
- Vigas planas de 25 de canto y ancho variable entre 40 y 120 cm. con estribos de cuatro brazos de  $\varnothing$  10 mm con separaciones de 8 cm a 20 cm.
- Pilares de sección  $L_1 \times L_2$  con valores de  $L_1$  comprendidos entre 30 cm y 60 cm, con estribos  $\varnothing$  10 mm separados de 8 cm a 20 cm.
- Vigas de cimentación de sección T invertida armadas con cercos  $\varnothing$  10 mm con separaciones de 8 cm a 20 cm.

La comparación del armado de los distintos elementos estructurales ha puesto de manifiesto que, en términos de peso de acero

utilizado, en todos los casos analizados se produce un ahorro al emplear el estribo continuo. Este ahorro es tanto mayor cuanto menor es la separación entre estribos y menor es la sección transversal del elemento. Los valores entre los que varían estos valores se recogen en la Tabla 3.

Para evaluar en términos absolutos el ahorro de acero que podía conseguirse en un edificio convencional, se llevó a cabo un estudio sobre el armado de la estructura de un edificio tipo. El edificio elegido está formado por tres plantas de 100 m<sup>2</sup> de superficie, con una cimentación resuelta con vigas de sección T invertida, pilares de 30 x 40 cm<sup>2</sup> de sección transversal y 3 m de altura, vigas de canto de 30 x 50 cm<sup>2</sup> y vigas planas de 60 x 25 cm<sup>2</sup> (ver Figura 9). El armado transversal se resuelve con estribos  $\varnothing$  10 mm a una distancia de 14 cm. El ahorro obtenido por la sustitución de los estribos tradicionales por estribos continuos fue de 360 kilos de acero.

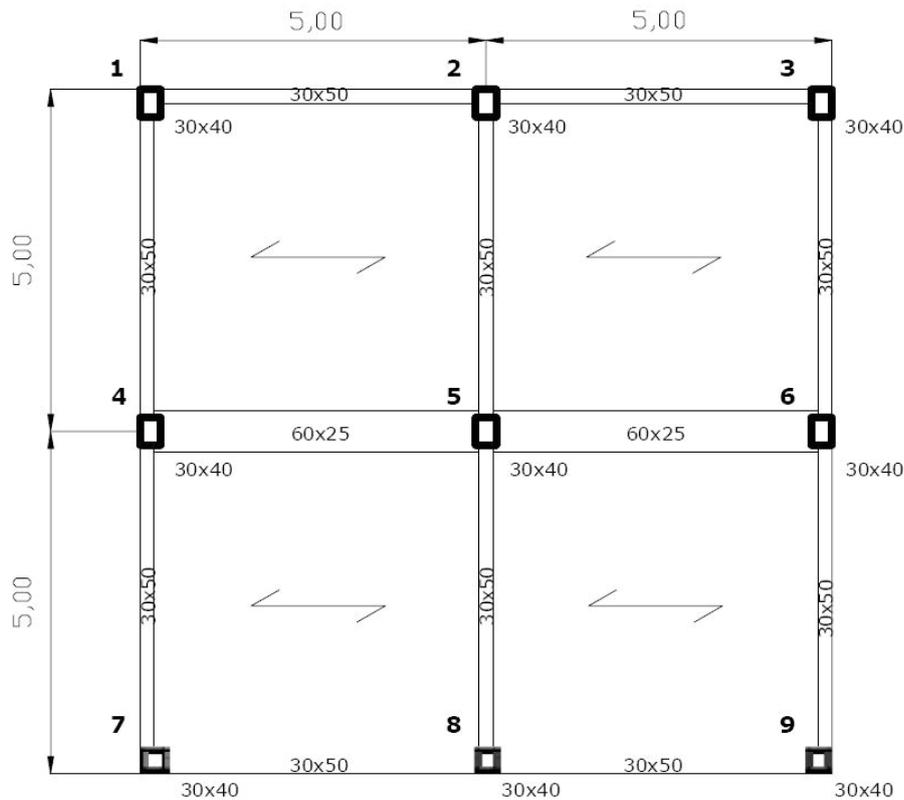


Figura 9.- Planta tipo del edificio estudiado por [2].

Tabla 3.- Ahorro de acero al emplear estribos continuos, frente a estribos tradicionales.

Tipo de elemento	Ahorro en peso (%)		
	Mínimo	Medio	Máximo
Viga de canto	6,57	11,03	18,53
Viga plana	8,42	13,00	20,58
Pilares	5,96	9,47	18,53
Viga de cimentación	4,88	5,43	6,03

Ahorro porcentual, en términos de peso, de los estribos continuos de Ø 10 mm con respecto a los estribos tradicionales.

### Reducción de riesgos laborales

El empleo de estribos continuos mejora las condiciones de trabajo y reduce las posibilidades de que se produzcan accidentes laborales.

En primer lugar, se eliminan todos los riesgos derivados de la elaboración de los estribos en obra, con las operaciones de doblado y corte.

El suministro del estribo continuo en forma de paquete no requiere o limita el uso de grúas o de otros elementos de elevación reduciendo el peligro de caídas de material desde lugares altos. Además, facilita la limpieza y orden de la zona de acopios limitando, por consiguiente, los accidentes derivados del desorden en el almacenamiento de este tipo de producto.

El sistema limita también el número de atados y, sobre todo, el manejo de estribos con bordes doblados que pueden presentar rebabas cortantes cuya peligrosidad

aumenta en zonas de armado complejo con un intrincado entrelazamiento de hierros en los que los operarios deben introducir los brazos para colocar la armadura transversal en su posición y cerrarla adecuadamente. Téngase presente que la forma de los ganchos facilita que se produzcan cortes o arañazos durante su colocación.

### Reducción de costes de transporte

Por último, la forma compacta de suministro del estribo continuo optimiza los costes de transporte en comparación con el estribo tradicional, que a menudo constituye un enredo de hierros que no sólo ocupa más espacio, sino que puede resultar peligroso.

En el caso de vigas pre-armadas el espacio que ocupan es mucho mayor y, en definitiva, se está transportando "aire", pues su peso es muy reducido. Con el sistema de estribos continuos es el peso y no el volumen el que determina el límite del transporte.

### TRAZABILIDAD

La trazabilidad de la armadura transversal mejora también con el sistema de estribos continuos, puesto que la totalidad de la



Figura 10.- Acopio y trazabilidad del estribo continuo.



## FERROTECNIA

armadura transversal de un elemento estructural se suministra compactada en un único paquete identificado por una etiqueta que contiene todos los datos que lo caracterizan unívocamente y lo vinculan al correspondiente elemento de la estructura. Datos como la colada, tipo de acero, diámetro, geometría, peso del paquete, referencia de la obra, referencia del elemento estructural son informaciones fáciles e inmediatas que garantizan un control rápido y exacto.



Figura 11.- Vista general del equipo Spirex.

## LA MÁQUINA

La máquina para la elaboración del estribo continuo Spirex procesa acero en forma de rollo de hasta 12 mm de diámetro.

Tras el enderezado del rollo la máquina va efectuando el doblado de la armadura con la inclinación necesaria para cumplir las especificaciones de proyecto relativas a la forma, las dimensiones y la separación de las ramas verticales.

El estribo se puede confeccionar tanto en posición horizontal como vertical. En ambos casos, una vez finalizada la elaboración el estribo continuo se compacta y se recoge de forma rápida y automática.

## CONCLUSIONES

Los trabajos de I + D + i del fabricante italiano de maquinaria para elaboración de ferralla, Schnell, han dado



Figura 12.- Operaciones de elaboración, compactación, atado y recogida del estribo continuo.

como resultado un novedoso sistema de elaboración de la armadura transversal, bautizado con el nombre de Spirex, que permite que toda ella se constituya en una única pieza continua en forma de "espiral" en la que se mantiene el número y la distancia entre ramas verticales establecida en proyecto.

El sistema no se limita a la forma de un cerco simple, o a la separación uniforme entre cercos, sino que admite la elaboración de cercos múltiples con una gran variedad de formas, así como distancias variables entre ellos, más próximas o más alejadas en función de los requisitos a esfuerzo cortante. Además, una vez elaborada la armadura se compacta en un paquete que recupera su forma en el momento en el que se procede a liberarlo de su atado.

Los estudios de comportamiento efectuados en la Universidad de Florencia [1] mediante el ensayo a rotura de vigas armadas con cercos tradicionales y cercos continuos han demostrado que ambos sistemas se comportan de forma similar, con un mejor comportamiento tras la rotura del sistema Spirex al aumentar el efecto de confinamiento de la armadura transversal y, por tanto, la ductilidad del elemento estructural.

Por otra parte, la Universidad de Nápoles [2] ha efectuado un minucioso estudio en relación al montaje de este tipo de estribo continuo y a las ventajas que puede suponer frente a la utilización del sistema tradicional, habiendo concluido que las ventajas más destacadas son las siguientes:

- Aumento del rendimiento en la colocación del estribo continuo que puede duplicar e incluso triplicar al sistema tradicional, en función del elemento estructural considerado.
- La colocación, además de ser más sencilla, limita el número de atados a efectuar para garantizar la posición de la armadura durante las operaciones de colocación y hormigonado, al tiempo que elimina los errores humanos en la disposición de la misma.

- Esta forma de colocación permite, de manera sencilla, la disposición de armadura transversal con pequeña separación en nudos viga-pilar, con el objetivo de aumentar su ductilidad, como pudiera ser el caso de estructuras en zonas sometidas a esfuerzos sísmicos.
- Ahorro en el coste de mano de obra, derivado del aumento de rendimiento en la colocación de estribos continuos.
- Ahorro en la cantidad de acero necesaria para la elaboración de la armadura transversal de un elemento estructural en comparación con el sistema tradicional. Este ahorro, comprendido entre un 5 % y un 20 %, depende de la tipología y dimensiones del elemento estructural y de la distancia entre estribos. Como término medio, en edificación convencional este ahorro puede suponer 1,25 kg de acero por metro cuadrado.
- Reducción de los riesgos laborales en las actividades relacionadas con la elaboración y el montaje de la armadura pasiva.
- Reducción de los costes de transporte siendo el peso y no el volumen, el elemento determinante para este tipo de armadura transversal.
- Mejora de la trazabilidad hasta el elemento estructural.

De todas estas ventajas mensurables hay que destacar una que no se puede medir siempre, pero que constituye un importante motivo para recomendar la adopción de este sistema de estribo continuo: la certeza de que el número y la posición de los estribos que constituyen la armadura transversal serán los previstos en proyecto, con independencia del sistema de control de ejecución adoptado o de la diligencia de la cuadrilla de montadores que efectúe su colocación, lo que redundará en la tranquilidad del Autor del Proyecto y de la Dirección Facultativa.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] BARTOLI, G et al. Prove sperimentali e modelli numerici per la definizione del comportamento a rottura di travi rettangolari con staffatura a spirale. Dipartimento di Ingegneria Civile, Università degli Studi di Firenze. Florencia, 2009.
- [2] FASCIA, F. et al. Il continuo staffa variabile armi passo verticale per strutture in cemento armato. Dipartimento di Ingegneria delle Costruzioni. Università degli Studi di Napoli Federico II. Nápoles, 2009.



# ACIES

Asociación de Consultores Independientes de Estructuras de Edificación

Garantía de calidad.

- AGRUPAMOS A LOS CONSULTORES DE ESTRUCTURAS QUE LIDERAN EL SECTOR DE LA EDIFICACIÓN.
- NUESTROS ASOCIADOS PONEN A SU DISPOSICIÓN 500 PROFESIONALES DE LA MÁXIMA EXPERIENCIA.
- COMPROMETIDOS CON LA FORMACIÓN, LA DIVULGACIÓN Y EL I+D+I.

**“POTENCIAMOS LA CALIDAD DE  
LOS PROYECTOS Y SERVICIOS  
PROFESIONALES DE LOS SOCIOS”**

SI QUIERES CONOCER MAS DE  
ACIES ENTRA EN NUESTRA WEB

[www.acies-ed.com](http://www.acies-ed.com)

SEDE:  
Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja  
C/ Serrano Galvache s/n, 28033 Madrid  
acies@acies-ed.com  
Tlf. 690 85 62 74

# ANCLAJE/SOLAPE DE BARRAS CORRUGADAS CON RESINA

**Eduardo Gimeno Fungairiño y Daniel Bianchi Munuera** - Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. NB35 Ingeniería.  
**Simao Pedro Fonseca** - Hilti Española, S.A.

Como continuación al artículo de grifado de barras, publicado en el número 25 de la revista, se va a abordar otro de los procedimientos de reparación realizados comúnmente en obra. Se trata de los anclajes de barras al hormigón, más comúnmente conocido como “pinchado de barras” y el uso de la resina comercial.

Se van a distinguir entre los casos en los que su uso es estrictamente necesario y aquellos otros, que aunque evitables, se procede de forma cotidiana a su ejecución.

### ANCLAJES HABITUALES

#### Anclaje de barras verticales

Es habitual que en la ejecución de muros y pilares se produzcan problemas derivados de un fallo en el replanteo de las armaduras, de forma que las correspondientes esperas quedan, o muy separadas de su barra solapada, o fuera de replanteo. En el artículo anterior (Zuncho nº 25) nos centramos en el grifado de barras destacando la forma correcta de efectuarlo y los riesgos que implica una mala ejecución del mismo.

El grifado de barras tiene unos límites admisibles, de forma que cuando no es factible su ejecución, por ejemplo por quedar seriamente comprometida la integridad de la barra o la continuidad de los esfuerzos, ha de procederse necesariamente al “pinchado de barras con resina”.

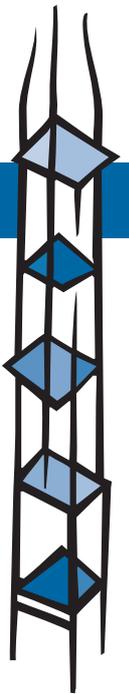
En función de la solución técnica a aplicar, se puede proceder a realizar tanto un anclaje de barras, como un solape de las mismas.

Esta solución es una respuesta a una mala ejecución y, por lo tanto, el primer paso de todo técnico es implantar las medidas necesarias para intentar evitarlo o, en el caso de que ya se haya producido, para que no vuelva a repetirse a lo largo de la obra (replanteos adecuados, intensificación de los controles de ejecución, disposición de separadores efectivos, procesos de hormigonado, etc.).

En el caso de que se produzca, se debe analizar cuidadosamente si la ejecución del anclaje es necesaria o puede emplearse otra solución. A este respecto, es conveniente recordar que según el artículo 69.5.2.2 de la EHE-08 en armaduras comprimidas la separación entre barras solapadas puede llegar a ser, como máximo, de hasta  $4 \varnothing$ , lo que habrá que tener en cuenta a la hora de estimar la conveniencia o no de “enresinar barras”.

Como puede verse en la Figura 1, tanto en el caso de solapes o anclajes de barras es preciso efectuar una perforación en el hormigón con una profundidad suficiente para asegurar que se alcanza la longitud de solape o de anclaje de la barra. En el caso de solapes es conveniente respetar una cierta separación con relación a la barra existente, para evitar dañar el hormigón adherido a la misma, debiendo procurar que el taladro quede lo más vertical posible.

En la Figura 2 se presenta una mala práctica, común en la obra, fruto del escaso conocimiento de lo que se pretende hacer con





## SOLUCIONES TÉCNICAS



Figura 1.- Solape y anclaje de barras verticales.

dichas soluciones tanto en el aspecto estructural, como de ejecución. En la fotografía podemos ver pares de barras en los que no habría sido necesaria la adopción de ninguna medida especial al ser la distancia existente entre las mismas inferior a  $4 \varnothing$ . En este caso, no sólo se ha procedido al grifado de las barras, sino también a la fijación mediante resina de una barra suplementaria para garantizar la continuidad en el solape.

### ANCLAJE DE BARRAS HORIZONTALES.

Los anclajes de barras horizontales es una solución muy común en uniones de forjados de sótano a muros pantallas, pudiéndose

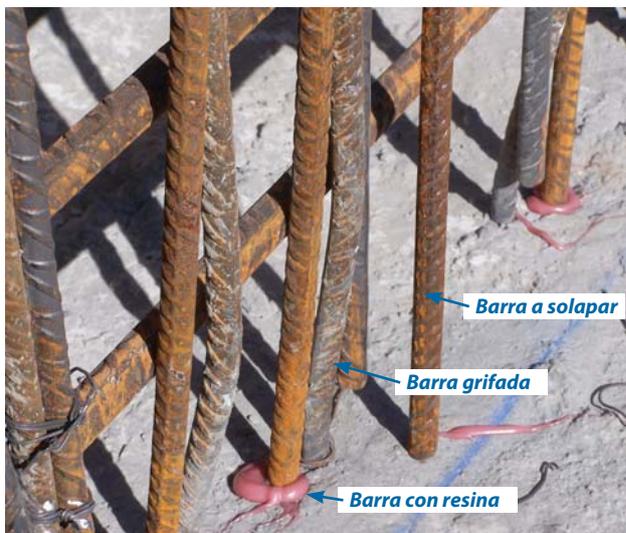


Figura 2.- Práctica errónea ejecutada frecuentemente en obra.

realizar uniones articuladas o uniones empotradas, en función de los anclajes que se realicen y de la disposición de éstos.

De igual forma, se podrían realizar dichas uniones en muros de hormigón, pero presenta una problemática algo mayor ya que en numerosas ocasiones los espesores de los muros son inferiores a las longitudes necesarias de empotramiento.

En ambas uniones, tanto en pantallas como en muros, es conveniente realizar una roza en la unión muro/losa para aportar cohesión y fricción suficiente entre los dos elementos.

En forjados horizontales podría también intentarse buscar solapes de barras mediante anclajes de tipo químico, pero es una práctica poco aconsejable por la multitud de problemas a los que puede dar lugar, como por ejemplo la realización de una perforación de profundidad comprometida y en horizontal, en general en una zona próxima al recubrimiento, en la que podrían inducirse fisuraciones ocultas del hormigón como consecuencia de movimientos del taladro, falta de espacio para una correcta ejecución, etc. En la Figura 5 se incluye un detalle tipo, para el caso de

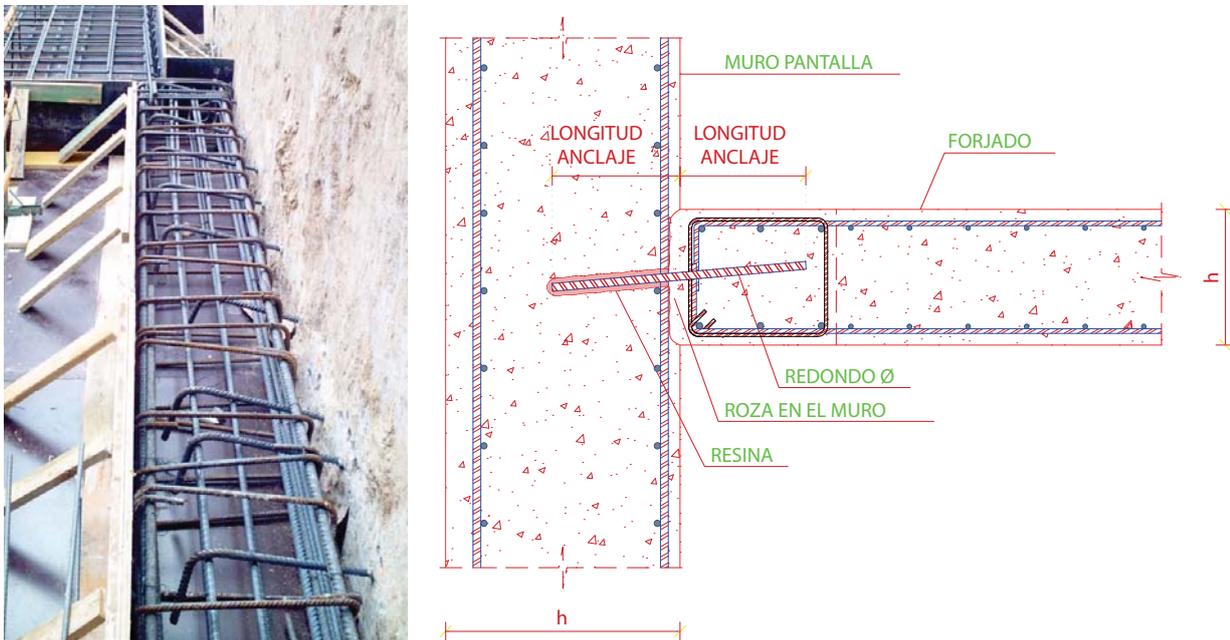


Figura 3.- Anclaje horizontal de barras en muros/pantallas.

que no quedase más remedio que llevarlo a cabo. Una solución alternativa consistiría en el picado de la losa en torno a los  $10 \varnothing$  de la barra a solapar para proceder a efectuar un solape mediante soldadura resistente.

### Anclaje de placas

Otra de las soluciones comúnmente empleada en obra es la ejecución del anclaje de los pernos de placas, tanto verticales como horizontales.

### REQUISITOS DE DISEÑO

En todos los casos, las barras ancladas en el hormigón por medio de resinas han de dimensionarse como si se tratara de barras embebidas en el hormigón fresco ancladas por prolongación recta, debiendo cumplir todos los requisitos establecidos por la Instrucción EHE-08 en material de recubrimientos, separación entre barras, etc.

Adicionalmente, se deben tener en cuenta una serie de recomendaciones contenidas en el Informe Técnico de la EOTA-TR023 "Assesment of post-installed rebar



Figura 4.- Pantalla con rozas preparadas para la unión con los forjados.

connections". Este Informe Técnico cubre los casos en los que los anclajes se efectúan sobre hormigones no carbonatados con resistencias a compresión de hasta  $50 \text{ N/mm}^2$ , en los que se emplean aceros corrugados de los tipos S y SD. Quedan fuera de su alcance cuestiones relativas a la resistencia de los anclajes en situación de fuego, fatiga o tensiones producidas por acciones dinámicas o sismos.



## SOLUCIONES TÉCNICAS

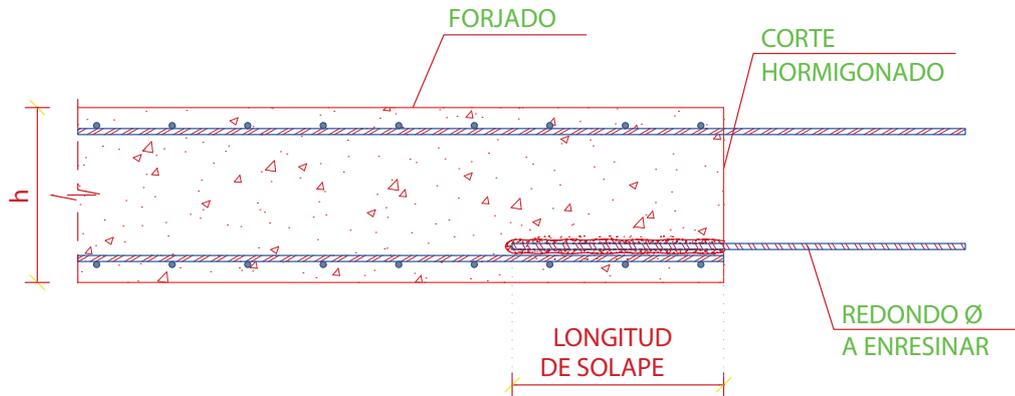


Figura 5.- Solape de barras horizontales con esperas cortas.

### A) Recubrimiento mínimo

Para prevenir el posible daño que pudiera producirse en el hormigón durante el proceso de taladro, se debe asegurar un recubrimiento mínimo,  $c_{\min}$ , que será función de la longitud de empotramiento necesaria,  $l_v$ , del diámetro de la barra,  $\varnothing$ , y de un coeficiente  $\alpha$  que tiene en cuenta las desviaciones asociadas al sistema de perforación.

Taladro con broca:

$$c_{\min} = 30 + \alpha \cdot l_v \geq 2 \varnothing$$

Taladro con aire comprimido:

$$c_{\min} = 50 + \alpha \cdot l_v \geq 2 \varnothing$$

El coeficiente  $\alpha$  adopta un valor de 0,06 para taladros con broca y de 0,08 para taladros con aire comprimido, pudiendo reducirse en el caso de que se utilicen dispositivos especiales que garanticen la estabilidad del sistema de perforación.

### B) Separación mínima entre barras ancladas

$$a = 40 \text{ mm} \geq 4 \varnothing$$

### C) Longitud de anclaje

La longitud mínima de anclaje y solape se debe incrementar en un 50 %, a menos que se efectúen ensayos<sup>1</sup> en los que se compruebe que no existen diferencias entre la tensión de adherencia

de una barra anclada a posteriori y una barra embebida en el hormigón (considerado en estado fisurado con una abertura de fisura  $w = 0,3 \text{ mm}$ ).

### CONDICIONES DE ADHERENCIA

La adherencia con el hormigón se puede conseguir por medio de morteros sintéticos, morteros de cemento o mezcla de ambos, en los que se pueden incorporar fillers y/o aditivos. En todos los casos, han de respetarse las indicaciones técnicas de los productos de inyección utilizados, tanto en lo referente al diámetro de la perforación y su limpieza, como a las condiciones de aplicación de los mismos.

Para evaluar las condiciones de adherencia obtenidas con el sistema de anclaje empleado el Informe Técnico TR023 contempla un procedimiento que permite realizar el diseño de conformidad con el Eurocódigo 2 y, por consiguiente, con la Instrucción EHE-08 (artículo 69.5.1.2) para el caso en el que las características de adherencia de las barras se comprueba a partir del área proyectada de corrugas  $f_{R'}$ .

En la Tabla 1 se recogen los valores que deberían obtenerse en un ensayo de adherencia, conforme con el procedimiento descrito en la ETAG 001, parte 5, para considerarse que no existe diferencia alguna, a efectos

<sup>1</sup> Ensayo de tracción con confinamiento, descrito en la ETAG 001 – Parte 5.

Tabla 1.- Resistencia exigible a barras ancladas al hormigón (TR023).

Resistencia del hormigón (N/mm <sup>2</sup> )	Tensión de adherencia, $\tau_{bd}$ , en posición I de hormigonado (N/mm <sup>2</sup> )	Requisito de adherencia para barras ancladas a posteriori al hormigón, (N/mm <sup>2</sup> ) <sup>(1)</sup>
20	2,3	10,0
25	2,7	11,6
30	3,0	13,1
35	3,4	14,5
40	3,7	15,9
45	4,0	17,2
50	4,3	18,4

(1) Ensayo conforme a las condiciones establecidas en el Informe Técnico TR023.

de cálculo, entre una barra anclada a posteriori y una barra embebida en el hormigón fresco.

Para evaluar un determinado producto o procedimiento de anclaje es suficiente con efectuar los ensayos sobre la base de hormigones de 20 N/mm<sup>2</sup> y 50 N/mm<sup>2</sup> de resistencia característica a compresión. Si los resultados obtenidos son iguales o superiores a los indicados en la Tabla 1, el producto o procedimiento puede emplearse sin limitación alguna para todo el rango de resistencia de hormigones.

Si los resultados fuesen inferiores, se aplica un procedimiento en el que se corrigen las tensiones de adherencia a considerar en función del tipo de hormigón. Estas tensiones de cálculo deben venir especificadas en el documento de idoneidad técnica europea (ETA) que acompaña al producto o sistema. En la Figura 6 se recoge un ejemplo en el que los ensayos de adherencia efectuados no han alcanzado los valores especificados en la Tabla 1. En ordenadas se representan las tensiones medias de adherencia,  $\tau_{bm}$ , del ensayo de anclaje tipo, mientras que en abscisas se representa la tensión de cálculo,  $\tau_{bd}$ , a utilizar para calcular la longitud de anclaje en posición I de hormigonado. Como se ve, éstas últimas son

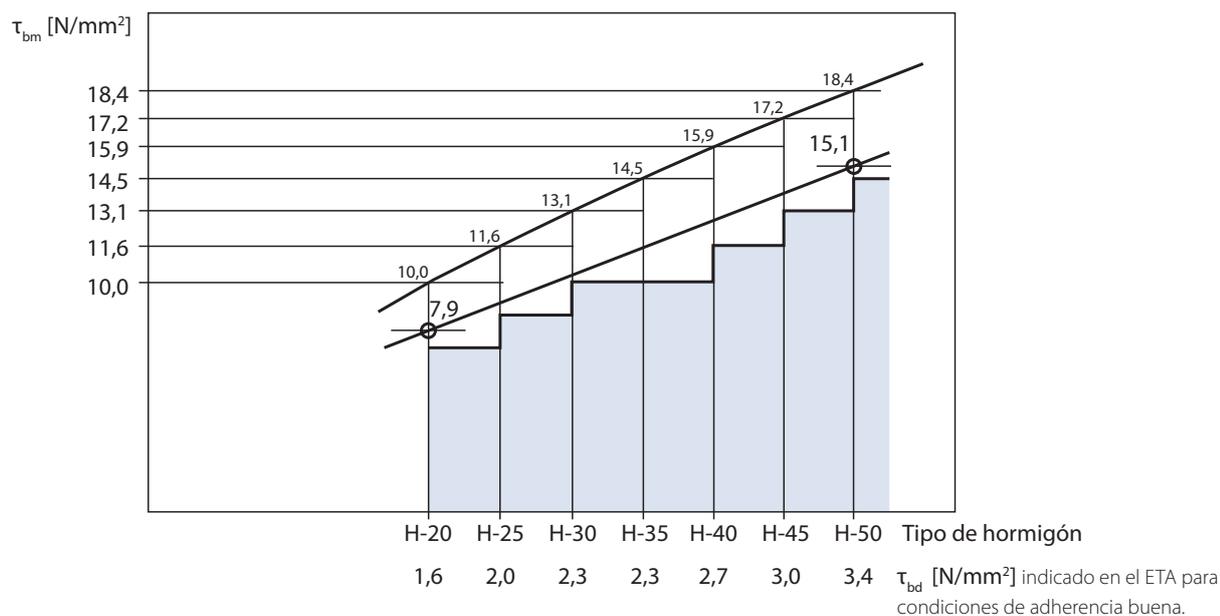


Figura 6.- Ejemplo de un sistema de anclaje que no alcance las condiciones de adherencia exigidas por el TR023.



## SOLUCIONES TÉCNICAS

inferiores a las que tendría una barra embebida en el hormigón y por lo tanto las longitudes resultantes han de ser necesariamente mayores.

En el caso de las resinas químicas, los ensayos efectuados de acuerdo con el TR023 demuestran que alcanzan con facilidad los valores prescritos para poder considerar que desarrollan las mismas tensiones de adherencia que las que se obtendrían en el caso de las barras embebidas en el hormigón, considerando las condiciones más desfavorables de instalación: recubrimiento mínimo, separación mínima entre barras y armadura trasversal mínima.

## FORMAS DE FALLO

Las formas de fallo de una barra anclada a posteriori al hormigón pueden agruparse de la siguiente forma:

- fallo por el acero,
- fallo por cono de hormigón,
- fallo por adherencia y/o fisuración .

### Fallo por acero

El fallo por acero ocurre cuando la tensión a la que está sometida la barra sobrepasa su carga de rotura. En esta situación no se han superado las tensiones de adherencia del acero con el hormigón. La carga que soporta el anclaje depende, por tanto, del tipo de acero y de la sección transversal del mismo.

### Rotura por cono de hormigón

Este modo de fallo se produce en aquellos casos en los que la profundidad de anclaje de la barra es insuficiente para resistir las cargas a las que está sometida. Las tracciones a las que se ve sometido el hormigón son muy grandes, de manera que se desarrolla una superficie de rotura con una típica forma cónica de la que toma nombre este de fallo.

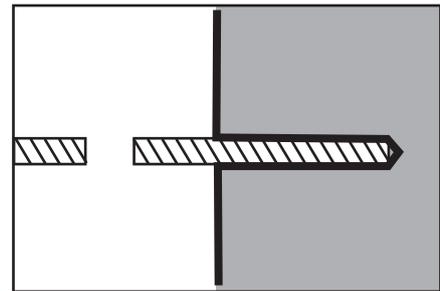
### Interacción de los modos de fallo por adherencia "pull-out" y fisuración "splitting"

La transferencia de esfuerzos de las barras corrugadas al hormigón se hace a través del apoyo de las corrugas contra éste. Se asume que la fuerza de reacción en el hormigón forma una biela

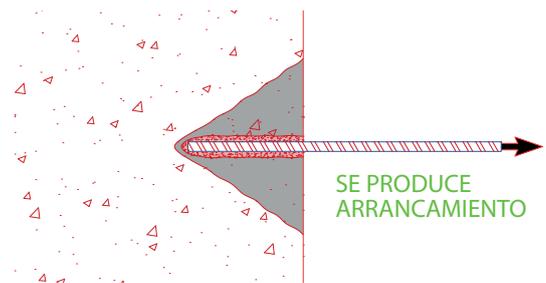
de compresión con un ángulo de 45°. Las fuerzas de fisuración resultantes son perpendiculares a la barra, y están controladas por el recubrimiento de hormigón, la separación entre barras, y la disposición de armaduras transversales de refuerzo.

Si el confinamiento de la barra corrugada es suficiente para prevenir la fisuración del hormigón, el fallo de la unión se da por el fallo de la barra en estado límite último. Tendríamos así la forma de fallo por acero.

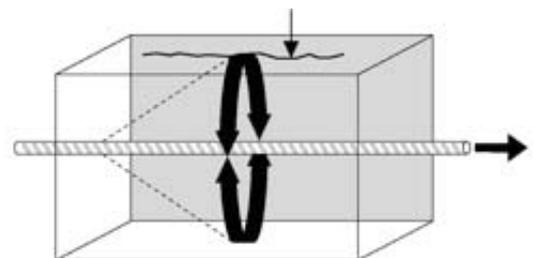
Si se comienzan a producir fisuras transversales desde los extremos de las corrugas, se forman pequeñas mén-



a) Fallo por acero.



b) Fallo por cono de hormigón.



c) Fallo por adherencia y/o fisuración.

Figura 7.- Diversas formas de fallo.

sulas de hormigón entre cada dos fisuras consecutivas, que transfieren la carga al hormigón no fisurado y experimentan una cierta flexión que contribuye al deslizamiento relativo entre el acero y el hormigón. En el caso de que se produjese el agotamiento de la resistencia al corte de estas ménsulas, se produciría un fallo por adherencia o "pull-out".

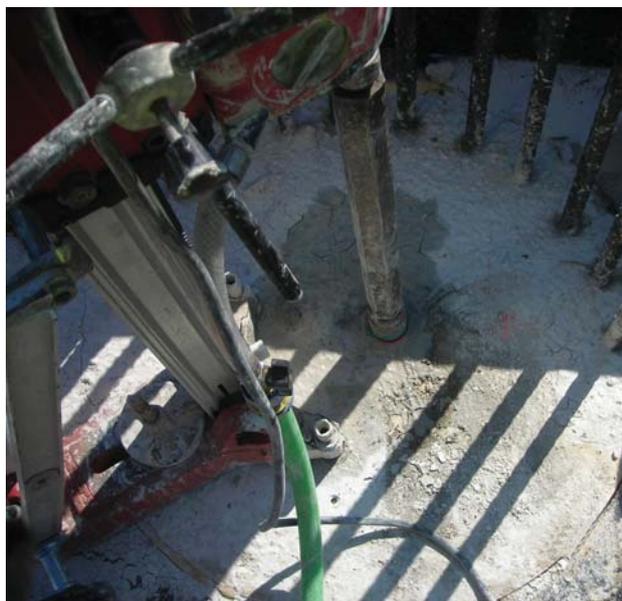
Si, por el contrario, no se produce el fallo de esta ménsula, las grietas radiales se propagan a lo largo del recubrimiento dando lugar a la aparición de fisuras longitudinales, indicativas de que se ha producido un fallo por fisuración o "splitting". En este caso, la tensión de adherencia máxima está controlada por la resistencia a tracción del hormigón.

El mecanismo de transferencia de esfuerzos en barras corrugadas ancladas a posteriori es similar a la de las barras corrugadas embebidas. La eficiencia de la adherencia depende de la tensión de adherencia de la resina en oposición a los esfuerzos próximos a las corrugas, y de la capacidad de transferencia de esfuerzos en el interfaz de las paredes del taladro. En muchos casos, los valores de tensión de adherencia de las barras instaladas a posteriori son más elevados que los de las barras embebidas, no solamente porque la capacidad de adherencia de la resina química es superior a la del hormigón, sino también porque tiene más facilidad en envolver toda la superficie de la barra y del hormigón circundante.

Para distancias a borde pequeñas y/o separación entre barras reducidas, las fuerzas de fisuración son decisivas, una vez más porque la resistencia a tracción del hormigón es baja.

### EJECUCIÓN DEL TALADRO

Por la relevancia que presenta en el comportamiento final de cualquier anclaje, es preciso efectuar algunos comentarios sobre el procedimiento de ejecución del taladro.



**Figura 8.- Taladro por perforación.**

En el mercado, se dispone de varios tipos de maquinaria para la ejecución de los taladros; por un lado el taladro manual con broca y por otro los taladros de perforación con corona refrigerada con agua. Con los primeros la profundidad de taladro está muy limitada pero no se afecta a las armaduras, mientras que con los segundos se puede eliminar no sólo el hormigón sino también las armaduras que se vean afectadas por el corte, pudiendo llegar a profundidades considerables.

En ambos casos, es muy recomendable, por no decir imprescindible, que la ejecución de estos trabajos se realice por parte de personal cualificado y formado, puesto que en el resultado final van a influir numerosos factores, como por ejemplo el diámetro y profundidad de la perforación, su limpieza, la cantidad de resina a emplear o la colocación del propio corrugado.

Alguno de los errores más frecuentes que se detectan en la ejecución de los anclajes con resina son los siguientes:

1. En el caso de taladros horizontales la aplicación de la resina es complicada, pudiendo producirse derrames de manera que la barra no queda adecuadamente recubierta, existiendo un elevado riesgo de que el anclaje sea parcial o que la barra quede prácticamente suelta (Figura 9 a)).



## SOLUCIONES TÉCNICAS

2. Una limpieza insuficiente del taladro puede hacer que se mantenga una acumulación de polvo, lo que puede tener dos consecuencias inmediatas. La primera es que el taladro no tenga la profundidad total necesaria y la segunda que se vean afectadas

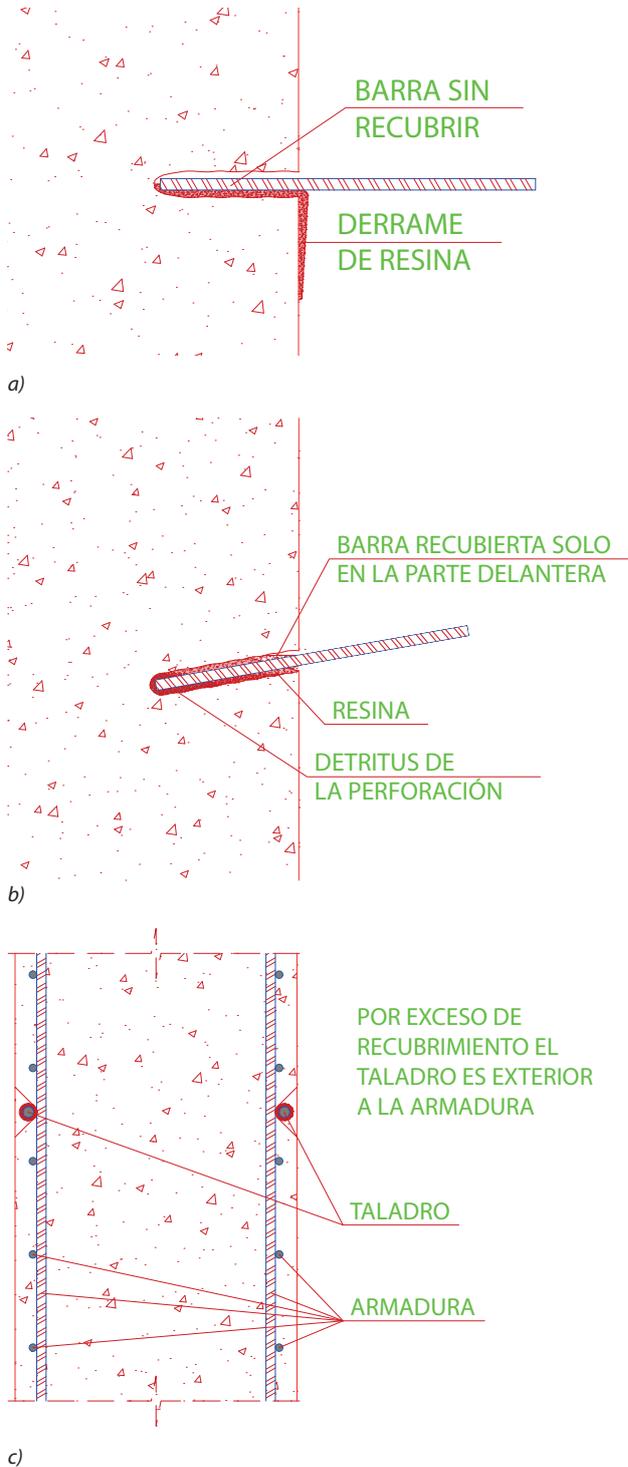


Figura 9.- Errores más frecuentes en la ejecución de anclajes.



Figura 10.- Fallo en una placa de anclaje por mala ejecución.

las condiciones de adherencia de la resina con las paredes del taladro como consecuencia de esta suciedad. Para evitarlo, es imprescindible que cuando la limpieza se efectúe con aire comprimido la boquilla se introduzca hasta el fondo del taladro para expulsar la mayor parte del polvo existente y que posteriormente se proceda a su limpieza con agua para eliminarlo totalmente (Figura 9 b)).

3. En la colocación de placas de anclaje en muros o pilares existentes es frecuente que al hacer los taladros para la colocación de los pernos se realicen por fuera de la armadura, dando lugar a un anclaje falso de muy poca resistencia y rotura frágil (Figura 9 c)).

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] GIMENO, E. y BIANCHI, D. "Grifado de barras". Zunchos nº 25, Septiembre 2010.
- [2] EUROPEAN ORGANISATION FOR TECHNICAL APPROVALS. Technical Report TR023 "Assessment of post-installed rebar connections". November 2006.
- [3] EUROPEAN ORGANISATION FOR TECHNICAL APPROVALS. ETAG 001 "Guideline for european technical approval of metal anchors for use in concrete. Part 5: bonded anchors". February 2008.



# Calsider informa

## PUBLICACIONES



### CALIDAD SIDERÚRGICA

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

#### NORMALIZACIÓN

- AEN/CTN-36 Siderurgia
- AEN/CTN-76 Estructuras metálicas permanentes
- AEN/CTN-I40/SC3 Eurocódigo 3. Proyecto de estructuras de acero
- AEN/CTN-I40/SC4 Eurocódigo 4. Proyecto de estructuras mixtas de acero y hormigón

#### CERTIFICACIÓN

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

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

Oronse, 58 - 10º C - 28020 Madrid - Tel: 915 618 721- Fax: 915 624 560  
e-mail: [buzon@calsider.com](mailto:buzon@calsider.com) - [www.calsider.com](http://www.calsider.com)





**Sostenibilidad  
Siderúrgica**

## **CELSA Y SIDERÚRGICA SEVILLANA, LAS PRIMERAS EMPRESAS RECONOCIDAS CON LA MARCA SOSTENIBILIDAD SIDERÚRGICA**

Compañía Española de Laminación (CELSA) y Siderúrgica Sevillana han sido las primeras empresas que han obtenido la marca Sostenibilidad Siderúrgica, con la que se demuestra su labor continuada en materia de Responsabilidad Social Corporativa.

Con la marca Sostenibilidad Siderúrgica se reconocen los resultados alcanzados por estas empresas fabricantes de productos de acero en la mejora del medio ambiente, el desarrollo sostenible y las relaciones con la sociedad.

Esta distinción se concede tras la verificación por parte de expertos independientes, poniendo en valor las políticas de responsabilidad social desarrolladas por estas compañías, frente al resto del mercado.

Sostenibilidad Siderúrgica es una asociación sin ánimo de lucro creada en 2008 por las principales empresas fabricantes de productos de acero en España, cuyos principales objetivos son la promoción del concepto de sostenibilidad, el fomento de las técnicas de certificación del acero y de las buenas prácticas en el sector siderúrgico, así como la defensa de los intereses comunes de sus miembros.

## **HIERROS SANTA CRUZ INCORPORA UN NUEVO CENTRO DE PRODUCCIÓN A FERRAPLUS**

La instalación de Meaño de Hierros Santa Cruz ha obtenido la marca FerraPlus, con la que se garantiza que cumple los más altos



estándares de calidad del mercado en la fabricación de armaduras de acero para hormigón estructural. Meaño es la segunda planta de Hierros Santa Cruz que accede a este distintivo, tras haberla conseguido su instalación de Padrón en el año 2004, lo que da muestra de la confianza de esta empresa en el valor añadido que ofrece FerraPlus.

La planta de Hierros Santa Cruz en Meaño inició su actividad en enero de 2009. Consta de una parcela de 10.000 m<sup>2</sup>, en la que en nave que superan los 4.000 m<sup>2</sup> se realizan los procesos de corte, doblado y armado del acero a través de la más moderna maquinaria y tecnología. En otras instalaciones anexas se desarrollan todos los trabajos relacionados con la ferralla, contando a su vez con espacios destinados al acopio de materia prima y producto terminado, listo para ser expedido al cliente en la flota propia de la empresa, dotada con cinco trailers y cuatro camiones de 9 toneladas de carga aproximada.

Hierros Santa Cruz dispone de la última tecnología para el seguimiento y trazabilidad del producto, desde su recepción como materia prima, hasta su puesta en obra como elemento estructural, que permite ofrecer en



tiempo real un control exhaustivo del producto a sus clientes.

Un total de 49 trabajadores altamente cualificados, repartidos en los departamentos de producción, montaje, administración, oficina técnica, gerencia y calidad e innovación, forman la plantilla de Meaño. Esta planta llegó a producir en 2010 cerca de 19.500 toneladas.

La dilatada trayectoria de Hierros Santa Cruz en el sector de la ferralla, le permite estar participando en proyectos de construcción emblemáticos, como lo son el Nuevo Puente de Cádiz —una de las mayores obras de ingeniería en España—, varios tramos del AVE en distintos puntos de España como Extremadura, Granada, León, A Coruña o Pontevedra —donde ejecuta armaduras de dovelas para la construcción del túnel Vigo-As Maceiras— o la urbanización de la Cidade da Cultura en Santiago de Compostela. También ejecuta la ferralla del Nuevo Aeropuerto de Santiago de Compostela y recientemente finalizó uno de los mayores centros comerciales de Europa, el Marineda City ubicado en A Coruña.

Entre las obras realizadas en los últimos años, cabe destacar su participación en la construcción de la Terminal 4 Satélite y del Aparcamiento del Aeropuerto de Barajas, la ampliación de IFEMA en Madrid, el Metrotrén de



Gijón, la Autopista R3 de Madrid, el Metro Norte B de Madrid o el Centro Comercial NortShopping de Oporto entre otras.

Desde hace años, Hierros Santa Cruz presta una especial atención a todos los aspectos relacionados con la calidad, lo que le permite disponer de la Certificación de Producto AENOR y de la marca FerraPlus, que garantizan la máxima calidad de las armaduras fabricadas por la empresa y el control de la trazabilidad del acero suministrado a los clientes.

## LA PRODUCCIÓN DE ACERO EN ESPAÑA AUMENTA UN 14% EN 2010

La producción de acero se situó en 16,4 millones de toneladas en 2010, lo que supone un incremento del 14 % con respecto al ejercicio anterior y un nivel similar al registrado en 2003, informó la Unión de Empresas Siderúrgicas (UNESID).

Según la patronal del acero la evolución del año ha sido irregular, ya que los primeros meses se caracterizaron por un fuerte ritmo de producción, registrando una producción mensual de 1,6 millones de toneladas durante varios meses, frente al último trimestre, cuyo máximo mensual se alcanzó en octubre, con 1,4 millones de toneladas.

Esta disparidad ha sido todavía más relevante en función de los tipos de acero y calidades. Todas las calidades han crecido en 2010, pero especialmente los aceros inoxidables y otros aceros aleados, que aumentaron un 21,8 % y un 111,3 %, respectivamente. Con



## NOTICIAS

660.000 toneladas, los aleados doblaron la producción del año anterior situada en 330.000 toneladas.

En cuanto a los productos, el crecimiento de la producción se concentró en los planos que, con 5,1 millones de toneladas, aumentaron un 29,2 % respecto a 2009. Los productos largos, por su parte, continuaron la tendencia a la baja en 2010, reflejo del parón experimentado por la construcción. Así, la producción de laminados en caliente descendió un 1,4 %, al situarse en 10,2 millones de toneladas.

El aumento registrado en la producción también se debe en gran medida al fuerte tirón de la exportación (+ 19,6 %). El año pasado las empresas siderúrgicas españolas exportaron a los mercados internacionales 9 millones de toneladas, casi la misma cifra de las ventas nacionales, situadas en 8,8 millones de toneladas, lo que representa un 4,2 % más que en 2009.

## JAVIER SABADELL NUEVO SECRETARIO GENERAL DE ATEG

Tras una dilatada carrera profesional dedicada al sector del acero galvanizado, el pasado mes de enero, en el marco de una emotiva Asamblea General, José Luis Ruiz dejó el cargo de Secretario General de la Asociación Técnica Española de Galvanización (ATEG), para pasar a ser Miembro de Honor Vitalicio de la Asociación. Le sustituirá, por decisión unánime de la Asamblea, Javier Sabadell, hasta entonces Director de Desarrollo de ATEG.



Sabadell cuenta con un destacado currículum. Licenciado en Ciencias Físicas, Doctorado en Ciencias por la Universidad Politécnica de Cataluña y MBA por la Escuela Europea de Negocios de Madrid, ha desarrollado su carrera profesional como Director General de Kutxaespacio de la Ciencia, Co-fundador y Gerente de la empresa LSLUZ, Gerente del Consorcio Tecnológico de Castilla y León INTENEC y Director Comercial del Centro Tecnológico de Miranda de Ebro. Durante más de 10 años ha gestionado proyectos técnicos y de I + D relacionados con el Medio Ambiente y la Exploración y Producción de Hidrocarburos.

En el ámbito internacional, Javier Sabadell desempeña desde 2001 el cargo de Rapporteur en el Programa Marco de la Comisión Europea. Con anterioridad ha sido evaluador y responsable de proyectos científicos, no sólo en España, sino también en otros estados miembros de la Unión Europea, así como en China, Arabia Saudita, Estados Unidos, Kuwait, Emiratos Árabes Unidos, entre otros.

## EL CONSUMO DE CEMENTO COMIENZA 2011 EN VALORES MÍNIMOS

El consumo de cemento en el primer mes de 2011 fue de 1,5 millones de toneladas, cifra prácticamente igual a la registrada en 2010 lo que, según la patronal Oficemen, "nos remonta a niveles de consumo de 1988".

En relación a la producción, alcanzó 1,6 millones de toneladas en enero, un 7,1 % más que en el mismo mes de 2010.

Frente a estos datos en positivo, Oficemen señaló que, si se tienen en cuenta los últimos doce meses (febrero 2010-enero 2011), el descenso de la producción fue de 10,5 %, con 26 millones de cemento, cantidad que dista bastante de los 29 millones de toneladas del año anterior. En este mismo periodo, el consumo también anotó una bajada de cerca del 14 %.

Tabla 1.- PRINCIPALES CIFRAS DEL SECTOR CEMENTERO (toneladas).

DATOS MENSUALES (ENERO)			
	2011	2010	% Variación
Producción cemento	1.640.607	1.530.912	7,17 %
Consumo nacional (cemento)	1.491.772	1.487.306	0,30 %
Exportaciones (cemento+clínker)	241.680	223.263	8,25 %
Importaciones (cemento+clínker)	72.622	157.444	-53,87 %
DATOS ACUMULADOS DEL AÑO (FEBRERO 2010 / ENERO 2011)			
	2011	2010	% Variación
Producción cemento	26.128.782	29.186.812	-10,48 %
Consumo nacional (cemento)	24.556.471	28.532.955	-13,94 %
Exportaciones (cemento+clínker)	3.786.851	2.883.074	31,35 %
Importaciones (cemento+clínker)	1.815.964	2.823.399	-35,68 %

El mercado internacional continúa constituyendo una buena salida para la producción de cemento en España, ante la recesión del mercado nacional. Así, las exportaciones crecieron más de un 31,3 % en los últimos doce meses, con 3,8 millones de toneladas y las importaciones cayeron un 35,7 %, con 1,8 millones de toneladas

## AENOR CREA DOS NUEVOS CERTIFICADOS: RS Y GVE



La Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR) ha creado dos nuevos certificados con los que acredita el sistema de gestión de la Responsabilidad Social de las organizaciones (RS) y de la Gestión de Valor de los Edificios (GVE), respectivamente.

En cuanto al certificado de Responsabilidad Social, AENOR ha desarrollado un documento técnico que establece los requisitos para implantar un Sistema de Gestión de la Responsabilidad Social (RS) en las organizaciones, denominado RS 10. Este sistema posee 4 características que le convierten en una herramienta pionera:

- Se basa en el ciclo de mejora continua –metodología conocida como Planificar, Hacer, Verificar y Actuar-.
- Es compatible con otros Sistemas de Gestión (como el de la Calidad ISO 9001 o el Ambiental ISO 14001), facilitando la incorporación de la RS en la gestión empresarial.
- Contempla a todos los grupos de interés de una organización (desde propietarios y accionistas hasta empleados y clientes, pasando por consumidores, la Sociedad o el Medio Ambiente, entre otros).





## NOTICIAS

- Es sensible a documentos de RS sobre los que existe un amplio consenso internacional y nacional, como es la norma ISO 26000:2010 Guía de Responsabilidad Social y la guía española Ética. Sistema de Gestión de la Responsabilidad Social de las Empresas (UNE 165010:2009 EX).

Para implantar el Sistema de Gestión de Responsabilidad Social, la organización debe cumplir con los diversos requisitos, entre los que figuran:

- Determinar los impactos en materia de RS asociados a sus actividades;
- Identificar a los grupos de interés significativos;
- Determinar los requisitos en materia de RS para cada grupo de interés;
- Determinar los criterios y métodos para asegurarse la eficacia de la operación y del control de los requisitos;
- Asegurarse de la disponibilidad de recursos e información necesarios para apoyar la operación y el seguimiento de los requisitos;
- Realizar el seguimiento, la medición y el análisis de los requisitos;
- E implementar las acciones necesarias para alcanzar los resultados y la mejora continua del Sistema de Gestión.

Además, la organización debe documentar el Sistema de Gestión, mediante un manual donde, entre otras cuestiones, queden reflejados los procedimientos a seguir. Del mismo modo, es fundamental el compromiso de la alta dirección.

RS 10 identifica como potenciales grupos de interés a propietarios, accionistas, inversores y socios; empleados; clientes, usuarios y consumidores; proveedores de productos y servicios; alianzas y colaboraciones; competidores; Administración; Comunidad/Sociedad y Medio Ambiente.

La organización debe determinar los requisitos para cada grupo de interés. La especificación hace una relación exhaustiva de los mismos, como la eficacia y eficiencia en la gestión; la transparencia informativa; la prevención de riesgos laborales; la conciliación de la vida personal, familiar y laboral; el respeto a la dignidad del

trabajador; la oferta de bienes y servicios socialmente responsables y el fomento de los principios de la RS en la cadena de suministro.

Estos requisitos son auditables y, por tanto, susceptibles de certificación. Como novedad, durante el proceso de auditoría, los auditores de AENOR pueden contactar con los grupos de interés para recabar información si así fuera preciso. La certificación tiene un plazo de validez de tres años, con auditorías anuales de revisión.

### El nuevo certificado "GVE"

Con el objetivo de introducir en el mercado inmobiliario una herramienta de referencia en la gestión del valor de los edificios, independientemente de su tamaño, AENOR ha creado el certificado del Sistema de Gestión del Valor de Edificios (GVE).

Éste certificado acredita que el inmueble cumple con los requisitos de la especificación GVE, entre los que se encuentran 20 indicadores. Además de parámetros de sostenibilidad y eco-eficiencia, el certificado GVE mide otros aspectos estratégicos en el mercado, lo que según AENOR, facilitará la comercialización de los edificios certificados, así como la atribución de un valor en las operaciones de compra-venta de inmuebles.

Todo ello confiere a GVE una ventaja competitiva sobre otras certificaciones existentes en el mercado, ya que incrementa el conocimiento del inmueble y promueve el ahorro y la eficiencia energética, contribuyendo así a aumentar su valor y a aportar transparencia en el mercado.

El sistema de gestión GVE es compatible con otros sistemas, como los de Gestión de Calidad ISO 9001, Gestión Ambiental ISO 14001, Seguridad y Salud en el Trabajo OHSAS 18001 o Eficiencia Energética UNE-EN 16001. El edificio Torre Espacio (Madrid) ha sido el primero en lograr este nuevo certificado, habiendo conseguido la máxima calificación (AAA) en todos los indicadores exigidos en la auditoría de AENOR.

# AENOR

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

Catálogo de aceros + normas UNE

## Dos publicaciones clave

Para localizar, conocer y seleccionar el acero más adecuado para cada caso



### Catálogo de aceros. Designación de aceros según normas UNE

4ª edición

Una completa base de datos con todos los aceros normalizados.

Presenta grandes ventajas:

1. Acceso a la ficha de 2 431 aceros.
2. Recoge las especificaciones de los aceros normalizados.
3. Localizar rápidamente los aceros por diversas opciones de búsqueda.
4. Conocer la interrelación entre los aceros por distintos campos.
5. Incluye el Catálogo de normas UNE.

De cada acero conocerá:

- Designaciones.
- Norma UNE.
- Uso previsto.
- Composición química.
- Características mecánicas.

2009 • DVD • 60 €

ISBN: 978-84-8143-659-4



### Normas UNE vigentes del Catálogo de aceros

4ª edición

Agrupar el texto completo de las 136 normas UNE vigentes citadas en el Catálogo de aceros de cuyo contenido se han extractado y resumido las principales características de los aceros recogidos en las fichas que figuran en dicha publicación.

Complemento indispensable del Catálogo de aceros, ofrece a los técnicos la posibilidad de adquirir un conocimiento detallado de las especificaciones de los aceros, facilitando la selección del acero más adecuado en cada caso.

2009 • CD-ROM • 136 normas UNE • 92,8 €

ISBN: 978-84-8143-664-8

ADQUISICIÓN  
¡OFERTA!  
CONJUNTA



Catálogo de aceros.  
Designación de aceros  
según normas UNE

+



Catálogo de aceros.  
Designación de aceros  
según normas UNE

115 €

AENORediciones

# FERRA PLUS

CALIDAD  
FIABILIDAD  
GARANTÍA

**FerraPlus, más que ferralla certificada**

## Empresas en posesión de la marca

ARMACENTRO, S.L. • ARMALLA, S.L. • ARTEPREF, S.A.U. • CESÁREO MUNERA, S.L. • COFEMA, S.A. • ELABORACIÓN Y MONTAJES DE ARMADURAS, S.A. • EUROARMADURAS, S.L. • FERRALLA GASTÓN, S.A. • FERRALLADOS CORE, S.A. • FERRALLAS ALBACETE, S.A. • FERRALLAS JJP MAESTRAT, S.L. • FERRALLATS ARMANGUÉ, S.A. • FERROBÉRICA, S.L. • FERROFET CATALANA, S.L. • FERROINSA, S.A. • FERROS ILURO, S.L. • FORJADOS RIOJANOS, S.L. • FORMAC, S.A. • HIERROS AYORA, S.L. • HIERROS DEL NOROESTE, S.L. • HIERROS DEL PIRINEO, S.A. • HIERROS GODDOY, S.A. • HIERROS HUESCA, S.A. • HIERROS SÁNCHEZ, S.L. • HIERROS SANTA CRUZ, S.L.U. • HIERROS SANTA CRUZ SANTIAGO, S.L.U. • 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. • LENUR FERRALLATS, S.L. • MANUFACTURADOS FÉRRICOS, S.A. • PENTADERO HIERROS, S.L. • PREFORMADOS FERROGRUP, S.A. • S. ZALDÚA Y CÍA, S.L. • SINASE FERRALLA Y TRANSFORMADOS, S.L. • TÉCNICAS DEL HIERRO, S.A. • TEINCO, S.L. • TRANSFORMACIONES FÉRRICAS VILLARCAYO, S.L. • TRANSFORMADOS Y FERRALLA MORAL, S. L.

