



EN PORTADA

**SPOOLER: INNOVACIÓN AL
SERVICIO DEL CORRUGADO**

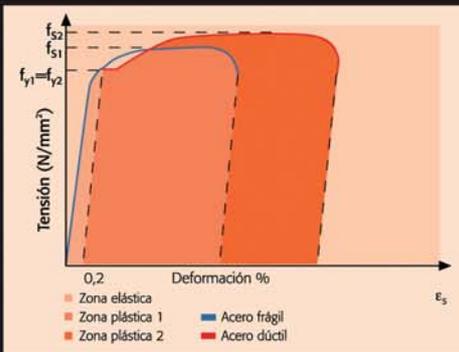
ARCER

Armaduras para Hormigón

PRESTACIÓN

COMPROMISO

INNOVACIÓN



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

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

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

INSTITUTO PARA LA PROMOCIÓN DE ARMADURAS CERTIFICADAS (IPAC)

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

<http://www.arcer.es>

<http://www.ipac.es>

Sumario

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

DIRECTOR DE LA PUBLICACIÓN:

Julio José Vaquero García

COMITÉ DE REDACCIÓN:

Félix Guijarro de Vicente

ASESORES:

Ignacio Cortés Moreira

Antonio Garrido Hernández

Enric Pérez Plá

Fernando Rodríguez García

Valentín Trijueque y Gutiérrez de los Santos

Luis Vega Catalán

Luis Miguel Viartola Laborda

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 EDITORIAL

4 EN PORTADA

- Spooler: innovación al servicio del corrugado.



Fotografía cedida por Danieli Morgardshammar S.A.

12 REPORTAJES

- Residencial "Francisco Hernando" en Seseña (Toledo).



- Ferros La Pobra.



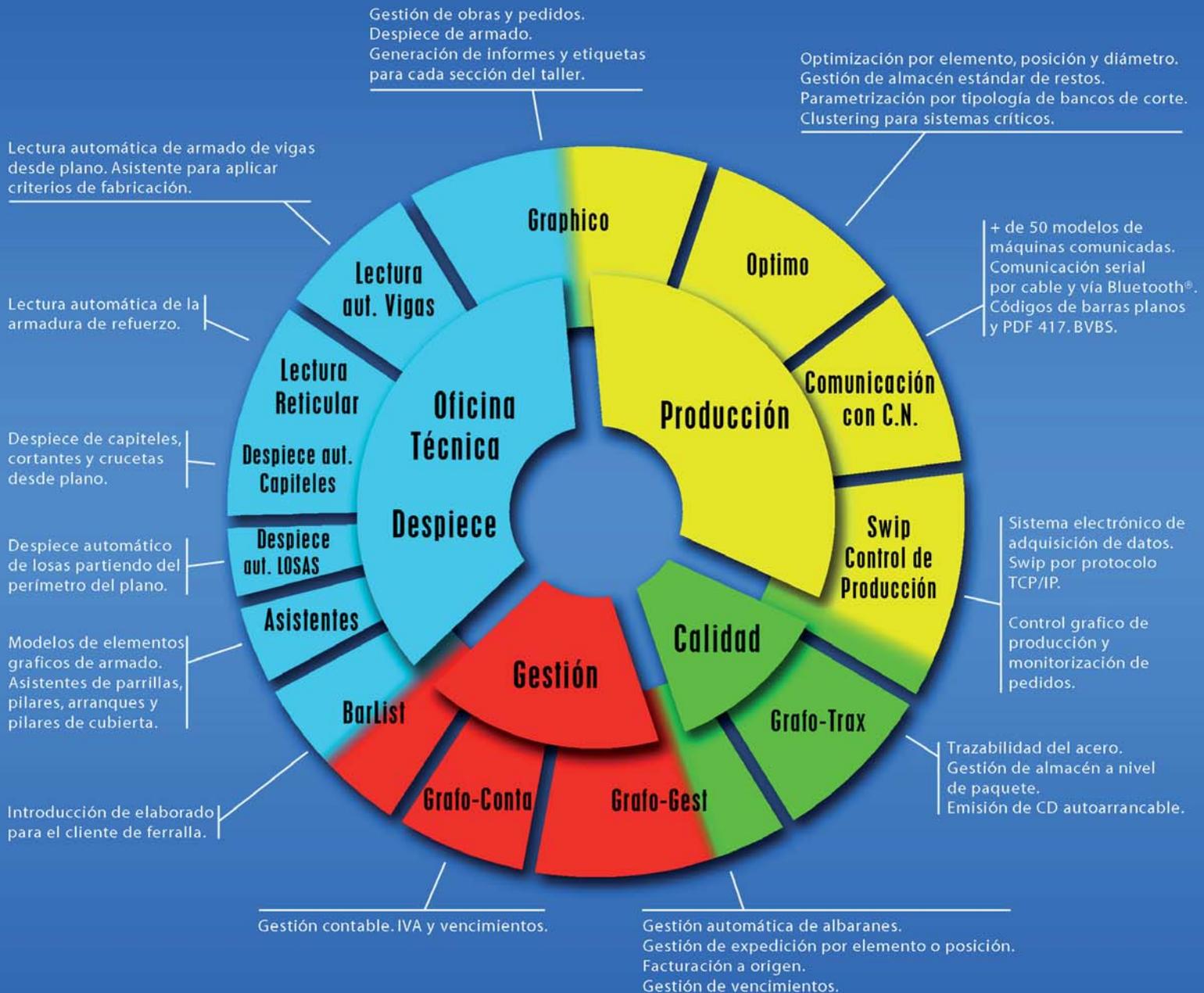
18 FERROTECNIA

- Conectores roscados de armaduras para estructuras de hormigón armado.

28 NOTICIAS

- ANEPA advierte sobre la necesidad de implantar mejoras en el sector de la construcción.
- Relevo en la Dirección General de Oficemen.
- Menores expectativas de crecimiento en la construcción española.

SOFTWARE PARA LA GESTION DE LA FERRALLA



... seguimos innovando

Editorial

El acero es un material profusamente utilizado hoy en día. Se trata de un producto cotidiano que rodea todas nuestras actividades, y que ha tenido la capacidad de renovarse continuamente y de seguir sorprendiéndonos cada día.

En su aplicación en la construcción el acero sigue siendo un material imprescindible, tanto en su faceta estructural en forma de perfiles, chapas o tubos, como en el campo del hormigón en forma de barras corrugadas o de cordones y alambres de pretensado.

Es en el sector del acero corrugado en el que España ha alcanzado un nivel más destacado, siendo el primer país productor y consumidor a nivel europeo. En parte, esta situación ha sido propiciada por el extraordinario desarrollo que el sector de la construcción ha tenido en nuestro país en los últimos años, pero también por una decidida acción innovadora puesta en marcha por las principales empresas españolas, con el objetivo de fomentar la innovación y el desarrollo de este producto.

Considerar que todos los aceros para hormigón son iguales es una señal de desconocimiento de la realidad del producto, y de las prestaciones que éste puede dar o de los niveles de exigencia que se le puedan pedir.

En una sociedad avanzada, como la española, no sólo el precio es un elemento a tener en cuenta a la hora de selec-

cionar un producto, sino también la confianza, la calidad y la garantía que éste pueda ofrecernos.

Es excesivamente simplista considerar que los aceros para hormigón son una materia prima más inmersa en el proceso de elaboración de una estructura, puesto que se trata de un producto de construcción que adquiere todas sus características en el proceso de fabricación, pudiendo mantenerlas prácticamente sin alteración si se siguen unas sencillas reglas de buena práctica en su utilización. En definitiva, las propiedades de un acero para hormigón podrán, en el mejor de los casos, mantenerse pero nunca mejorarse posteriormente a su fabricación. Por ello es tan importante el empleo de los procedimientos más avanzados para su producción, y la aplicación de rigurosos sistemas y planes de control que permitan conocer y controlar en cualquier momento las propiedades y características de este producto.

En este nuevo número de la revista Zuncho se destaca en portada un ejemplo más de la continua innovación que se lleva a cabo en la fabricación del acero para hormigón. En esta ocasión se trata de un novedoso sistema de terminación de la barra corrugada, que se encarreta de una forma compacta para facilitar su utilización posterior en los talleres de transformación, sin alterar por ello sus prestaciones. Un revolucionario sistema que comienza a implantarse en España, y que ya está demostrando sus enormes posibilidades. ■





SPOOLER: INNOVACIÓN AL SERVICIO DEL CORRUGADO

Este novedoso sistema de encarretar ha introducido un cambio fundamental en la producción de rollos de acero corrugado al aportar significativos beneficios para los productores de acero y para los usuarios transformadores de sus productos, los ferrallistas.

Francisco Cardona Pujol y Gonzalo Fernández Gonzalo - CELSA.

Spooler es la denominación inglesa para encarretadora. Se trata de la instalación que, colocada a continuación de un tren de laminación de acero, encarreta en caliente el acero laminado, fundamentalmente redondo corrugado, en rollos perfectamente conformados (Figura 1).

Basado en encarretar el corrugado laminado en caliente en rollos de alta calidad, libres de torsión, de mayor peso y compacidad, este innovador proceso ofrece a los usuarios, transformadores del acero corrugado en instalaciones fijas de ferrallado, mejoras en productividad y ahorros en costes de transformación. Los rollos encarretados con Spooler permiten una mayor velocidad de desbobinado, minimizan el riesgo de enganches en esta operación, minimizan los costes de almacenaje, manipulación y transporte, y disminuyen los tiempos y costes de preparación del rollo para su transformación. Además, se suprime la necesidad de disponer de instalaciones adicionales, imprescindibles en algunas aplicaciones, para el desbobinado de los rollos obtenidos en caliente de forma convencional y su posterior encarretado en frío.

La primera línea Spooler fue instalada en Italia en el año 2002, y desde entonces los fabricantes de acero corrugado de todo el mundo han invertido en líneas Spooler para sus trenes de laminación de redondos.

DESCRIPCIÓN DE LA LÍNEA SPOOLER

La línea Spooler se coloca tras la última caja del tren de laminación de redondos —que es la que confiere a la barra la geometría



Figura 1.- Rollo de acero corrugado encarretado con Spooler.

deseada— y, en líneas generales, se compone de tres áreas perfectamente diferenciadas: control térmico y tratamiento de la barra, bobinado y evacuación (ver Figura 2), cuya descripción se recoge a continuación.

Toda la línea está gobernada por un sistema centralizado de control, focalizado fundamentalmente en el control y ajuste de la temperatura de la barra antes del bobinado, y en la formación de capas uniformes de espiras perfectamente encarretadas.

1. Área de control térmico y tratamiento de la barra

El área de control térmico y tratamiento de la barra está constituida por varias cajas de agua, (water boxes), cuyo





EN PORTADA

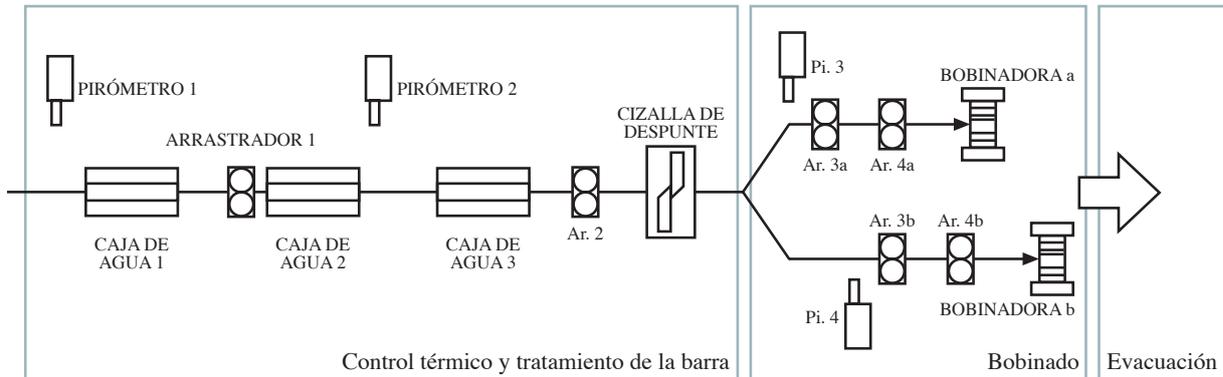


Figura 2.- Esquema de la línea Spooler.

número viene determinado en función de la composición química de la palanquilla utilizada, de la velocidad de laminación del producto y de las propiedades mecánicas requeridas (Figura 3).

Estas cajas de agua poseen un control de válvulas independiente y están constituidas interiormente por una serie de conducciones tubulares a través de las cuales se inyecta agua a presión sobre la barra, proporcionando el tratamiento térmico requerido para la obtención de las propiedades mecánicas especificadas. El caudal de agua inyectado a presión genera un anillo de agua que produce un enfriamiento brusco en la superficie de la barra, realizándose con esta operación un tratamiento térmico de temple, con la consecuente formación de una capa de martensita, cuyo espesor quedará finalmente definido como consecuencia del revenido producido por el calor residual del núcleo.

En el caso de instalaciones que ya poseen un sistema de tratamiento térmico por agua previo a la línea *Spooler*, propiamente dicha, las cajas de agua anteriormente descritas se utilizan para llevar a cabo el enfriamiento controlado de la barra durante su revenido, para obtener así unas propiedades mecánicas más homogéneas a lo largo de todo el rollo y controlar la temperatura de bobinado, factor sumamente importante si se quieren evitar problemas de conformación, de dispersión en las características o de mantenimiento de los sistemas que componen la instalación.

“La instalación Spooler permite la obtención de rollos de acero corrugado libres de torsión”

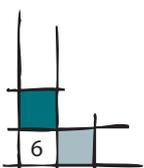
Para garantizar un adecuado tratamiento térmico se dispone de pirómetros de detección de la temperatura de la barra ubicados a las entradas de las cajas de agua y en la entrada de las bobinadoras, suministrando información instantánea de esta variable en el bobinado. En esta área también se ubica la cizalla de despunte —de cuchillas rotativas— que corta las cabezas de la barra y que, en caso de emergencia, puede trocear ésta completamente evitando su avance por la línea de producción.

2. Área de bobinadoras

Es el área que presenta la mayor parte de una deslumbrante ingeniería en la que se coordinan perfectamente los movimientos y sincronismos de todos los elementos, tanto en la formación de la bobina como en su evacuación.

Cada bobinadora está constituida por un mandrino (Figura 4) sobre el que se va encarretando la barra por capas, a través de un movimiento horizontal y vertical de una guía distribuidora.

El mandrino está unido a un eje a través de unos acoplamientos que lo unen a un motor de elevadas prestaciones. La bobinadora gira a la velocidad de la caja terminadora del tren de laminación y posee un elemento compuesto por unas guías abatibles y un plato con unas pinzas, que asegura el perfecto enganche de la cabeza de la barra. A continuación, el distribuidor comienza a desplazarse horizontalmente a la velocidad adecuada para que las espiras formadas se coloquen debidamen-



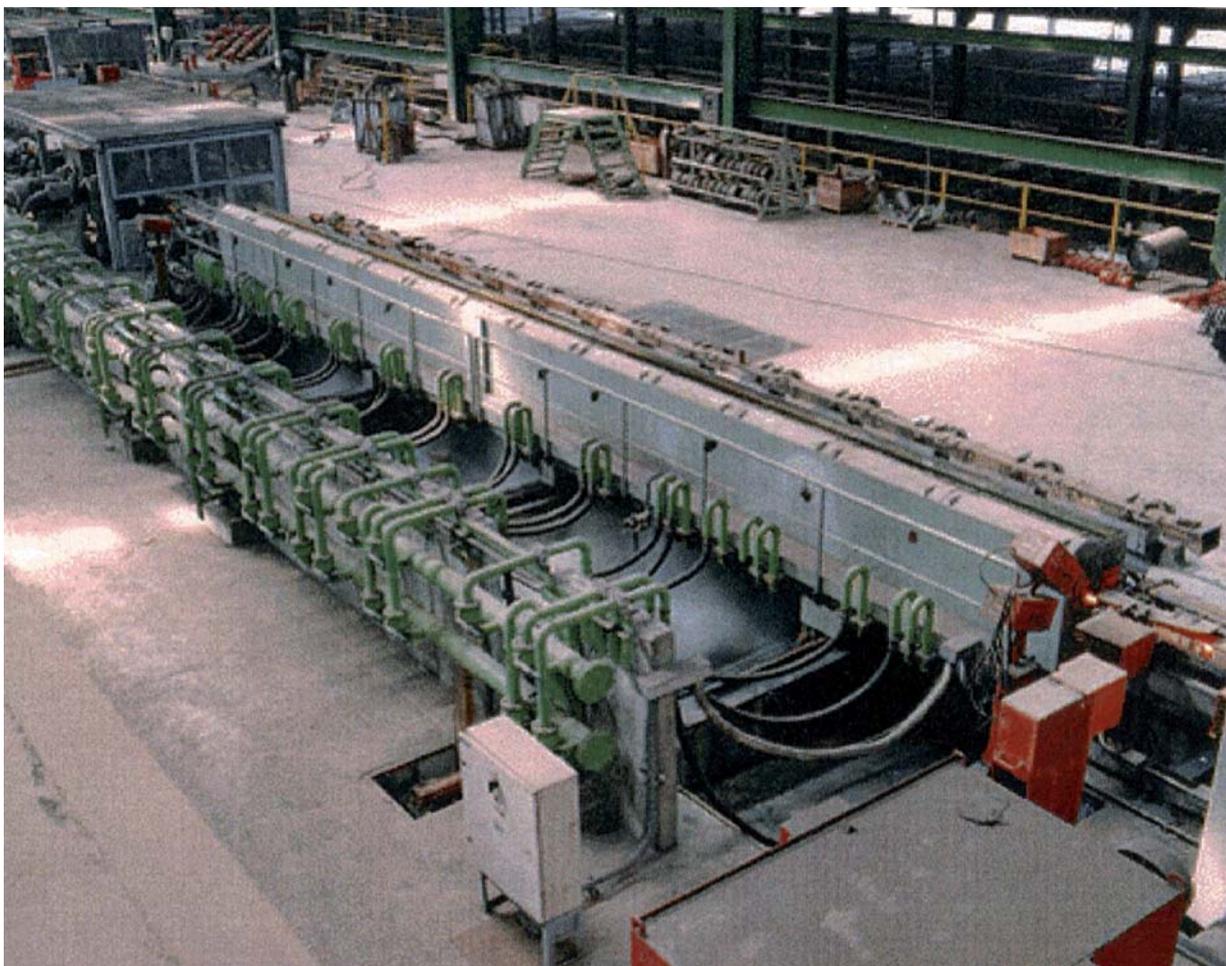


Figura 3.- Caja de agua para el tratamiento térmico de la barra (water box).

te, una a continuación de la otra. Al llegar al extremo del mandrino se produce el cambio de capa, para lo que el distribuidor se levanta verticalmente hasta una determinada cota y comienza a distribuir la siguiente capa por encima de la anterior y en sentido contrario. Estos movimientos se suceden hasta terminar toda la palanquilla, de forma que de cada palanquilla se saca un rollo.

Cada bobinadora está dotada de elementos específicos para evitar tensiones producidas durante el bobinado, especialmente en los cambios de capa y en el caso de modificación de las revoluciones del motor.

3. Área de evacuación

Mediante un elemento móvil giratorio se recoge el rollo. Este elemento móvil posee unos rodillos que evitan que el

rollo conformado pierda su compacidad, y unas horquillas que mantienen las espiras laterales cuando se abate uno de los topes laterales para la extracción de la bobina.

La extracción del rollo de la bobinadora se realiza con un desplazamiento horizontal para posteriormente posicionarlo sobre la estación de flejado, donde se produce el atado del rollo mediante cuatro flejes dispuestos en ejes diametralmente opuestos.

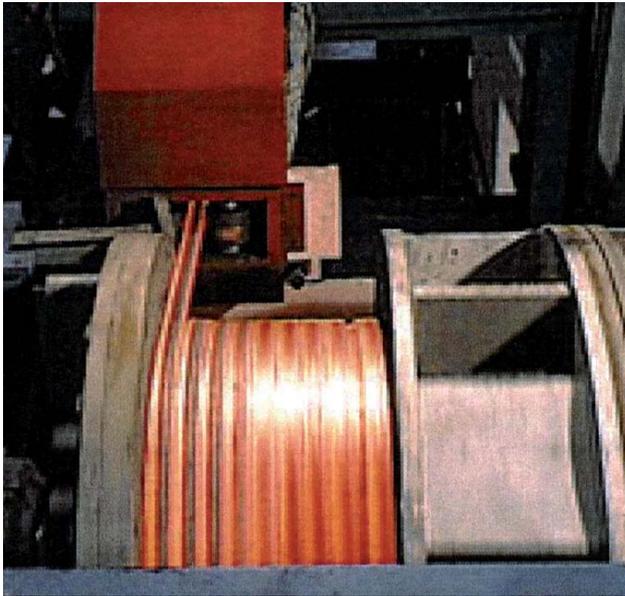
Finalmente, a través de un volteador, se deposita el rollo sobre la denominada mesa de evacuación, de donde se retira el rollo ya terminado y listo para almacenar y expedir.

CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DEL PRODUCTO

El producto en formato de rollo encarretado con *Spooler* posee tolerancias geométricas más exigentes que en formato de barra



EN PORTADA



⇒ **Figura 4.- Encarretado de barra en mandrino de bobinadora.**

en cuanto a ovalidad y altura de corruga se refiere. Para ello, en trenes a dos hilos, se precisa de la configuración y regulación adecuadas para la eliminación de tiros entre cajas de laminación que puedan crear dispersiones de masas y de geometría a lo largo del rollo.

Desde el punto de vista de las propiedades mecánicas, el rollo *Spooler* presenta mejores y más homogéneos resultados del límite elástico, con una diferencia entre valores máximo y mínimo inferior a 30 N/mm².

La Figura 5 muestra la curva tensión-deformación obtenida en un estudio de caracterización del material en rollo *Spooler* de 16 mm de diámetro, de acero B 500 SD con características especiales de ductilidad, llevado a cabo en el seno de la marca ARCER de armaduras para hormigón. Para su caracterización se tomaron 10 probetas de 20 coladas diferentes, ensayándose a tracción —según un protocolo específico de la marca— una vez transcurrido un mes desde su fabricación, y después de superar satisfactoriamente los ensayos de contraste con los laboratorios externos designados por la marca ARCER.

El conjunto de los 200 ensayos —constituido cada uno de ellos por un total de 3.000 puntos— fueron analizados estadísticamente, obteniéndose los diagramas tensión-deformación me-

dio y característico, que satisficieron adecuadamente los requisitos establecidos para estos aceros por la marca ARCER.

RESUMEN DE LOS PRINCIPALES BENEFICIOS DE UNA LÍNEA SPOOLER

La instalación *Spooler* permite la obtención de unos rollos de acero corrugado libres de torsión, más compactos, de mejor coeficiente de llenado y dimensiones más adecuadas que los existentes en el mercado —el rollo *Spooler* mide 700 mm de altura y 1.150 mm de diámetro exterior para rollos de 2.000 kg, y 1.350 mm de diámetro exterior para rollos de 3.000 kg—.

Se pueden obtener rollos de acero corrugado de hasta 32 mm de diámetro, aspecto especialmente remarcable si se considera que con las instalaciones convencionales el diámetro máximo de acero corrugado en rollo en el mercado es de 16 mm, y que actualmente los grandes ferrallistas están comenzando a realizar pruebas de enderezado en sus máquinas con diámetros de 20 mm e incluso 25 mm.

Además, la tecnología *Spooler* aparece en un momento en el que se están poniendo de manifiesto unas claras necesidades de mercado influenciadas por la fuerte demanda de rollos de acero corrugado. En los últimos años, el sector ferrallista ha experimentado una notable industrialización en sus procesos de transformación y elaboración de ferralla. Se ha incrementado la utilización de máquinas estribadoras automáticas que permiten reducir los costes de transformación y aumentar los parámetros de calidad en sus armaduras, buscando mejoras en sus procesos que les permitan aumentar productividades y reducir costes.

“La tecnología Spooler da respuesta a la fuerte demanda de rollos de acero corrugado”

La tecnología *Spooler* permite la obtención de rollos de producto acabado de mayor peso que, afectando positivamente al concepto de almacenamiento, permiten reducir los tiempos de cambio de rollo en la máquina enderezadora, los tiempos necesarios para enhebrar la punta y el ajuste de la máquina para el enderezado del rollo.

Con una línea de encarretado *Spooler* el fabricante produce acero corrugado en formato de rollo compacto a un precio competitivo, que garantiza los valores correctos de todos los parámetros requeridos en la normativa vigente para la seguridad de las estructuras de hormigón armado, y que además le supone las siguientes ventajas:

- Diversificación de su gama de productos, al poder fabricar rollos de diámetros más gruesos y de mayor peso.
- Reducción de costes al eliminar la aportación de elementos microaleantes.
- Mayor capacidad de apilamiento en sus almacenes de producto acabado.
- Mejoras en sus parámetros de control de producción (productividad, efectividad, rendimiento, etc.). Destaca la posibilidad de aumentar la velocidad de laminación de los diámetros finos corrugados, como por ejemplo con el diámetro 8 mm, que se puede laminar a una velocidad de hasta 35 m/s.

“En un futuro próximo no se podrá competir sin disponer de rollos fabricados por este sistema”

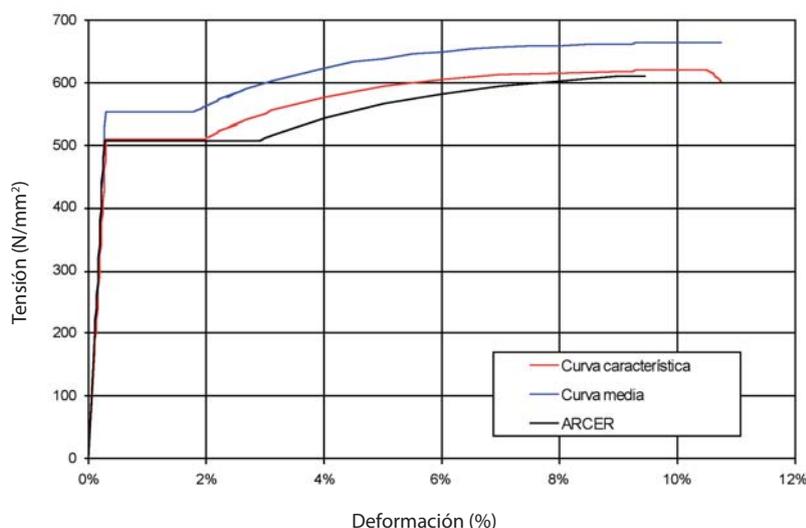


Figura 5.- Diagramas tensión-deformación medio y característico de un acero de 16 mm de diámetro de calidad B 500 SD encarretado con *Spooler*.

Para el ferrallista, el empleo de los rollos *Spooler* reporta las siguientes ventajas:

- Posibilidad de usar diámetros mayores de corrugado en forma de rollo encarretado (hasta 32 mm).
- Desenrollado seguro, sin necesidad de disponer de instalaciones adicionales para el desbobinado de los rollos y su posterior encarretado en frío.
- Mayor facilidad de enderezado y doblado, debido al proceso de encarretado libre de torsión.
- Mayor calidad del material: tolerancias geométricas más exigentes, buena soldabilidad y propiedades mecánicas mejores y más homogéneas.
- Mayor productividad, como consecuencia de poder utilizar mayor velocidad de desenrollado y rollos de mayor peso.
- Reducción de tiempos y costes de manipulación, transporte y almacenaje.

Con todo, la tecnología *Spooler* supone un paso más en la innovación de los aceros corrugados que, al beneficiar tanto a los productores de acero corrugado como a sus usuarios, se está implantando a un ritmo acelerado en el mercado, lo que induce a pensar que en un futuro próximo difícilmente se podrá competir sin disponer de rollos fabricados por este sistema. ■

RESIDENCIAL “FRANCISCO HERNANDO” en Seseña (Toledo)

El 9 de octubre de 2003 el Ayuntamiento de Seseña, en sesión Plenaria, aprobó y adjudicó la realización del Programa de Actuación Urbanizadora EL QUIÑÓN. Se trata de un nuevo sector residencial situado al norte de Seseña Nuevo, que linda con los términos municipales de Valdemoro y Ciempozuelos, entre la carretera N-IV y la Autopista Radial A-4. En este enclave se está llevando a cabo una de las obras de edificación más importantes, en volumen, de nuestro país, pudiéndose la calificar como una “obra civil de edificación”.

Juan José Cortés Díaz - Arquitecto Director de Obra. ONDE 2000.

La propuesta surge como un previsor intento de respuesta al proceso natural de crecimiento a medio y largo plazo que va a experimentar la Zona Norte de la provincia de Toledo —la más afectada por la expansión demográfica, infraestructural y económica de la Comunidad de Madrid—, quedando potenciado por su situación privilegiada al quedar equidistante entre Madrid y Toledo en la dirección hacia Andalucía. El hecho de lindar el término municipal de Seseña con unas vías de tanto tránsito comercial y turístico como son la N-IV y la A-4, ha llevado a un gran número de empresas de ámbito nacional e internacional a fijar sus almacenes de distribución y sus oficinas en este entorno, así como ha provocado la afloración de diversas promociones residenciales unifamiliares por el inevitable requerimiento de búsqueda de suelo residencial por parte de Madrid en su imparable proceso de expansión hacia el Sur.

“La idea de ciudad como núcleo autosuficiente entra en juego por primera vez en toda la región”

El resultado de éste PAU. será el desarrollo de hasta 13.508 viviendas con sus correspondientes dotaciones e infraestructuras en los años venideros, con una singularidad muy clara: se trata de viviendas en altura con grandes zonas residenciales privadas dando respuestas, entre otras demandas de mercado, a un requerimiento de tanta actualidad y envergadura como es el que genera la carencia de vivienda joven.

En él se ha materializado una nueva concepción de planeamiento en la que la idea de ciudad como núcleo autosuficiente entra en juego por primera vez en toda la región, con la previsión de desarrollo de grandes avenidas estructuradas en torno a un Gran Boulevard Central de más de 60 m de ancho, grandes reservas de suelo para parques (Incluido un parque de más de 200.000 m² ya desarrollado con distintas zonas botánicas y de ocio, que cuenta con un lago y playa artificiales, embarcadero, plazas duras, carril bici y un auditorio), zonas deportivas, dotaciones, etc. y todo ello con unas comunicaciones inmejorables como ya se ha descrito, distanciando unos 25 minutos de Madrid (salida km 33 de la N-IV).



ACTUACIÓN: Promoción de Viviendas en altura - Residencial "Francisco Hernando"

LOCALIZACIÓN: P.A.U. EL QUIÑÓN - Seseña (Toledo)

AGENTE URBANIZADOR/ PROMOTOR/ CONSTRUCTOR: Obras Nuevas de Edificación 2.000, S.L. (ONDE 2000).





REPORTAJES



CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LA PROMOCIÓN

En el Stand de ONDE 2000 del Salón Inmobiliario 2004 se llevó a cabo la presentación oficial del Residencial "Francisco Hernando", como el comienzo de la primera gran actuación dentro del P.A.U. EL QUIÑÓN en el que, como Promotora y Constructora, ONDE 2000 planteaba la imagen de lo que será la futura ciudad que, como se ha indicado, constará de 13.568 viviendas distribuidas en 35 edificios de 8 plantas más 2 sótanos y 14 torres de 11 alturas, además de contar con los equipamientos de ocio y dotacionales necesarios.

Ya en esta presentación oficial se contaba con toda la documentación y tramitación administrativa necesaria para construir y comercializar la Primera Fase, con un total de 2.536 viviendas, dándose la circunstancia que sin poner en marcha toda la capacidad de la maquinaria de ventas se habían vendido más de 1.000 viviendas debido, en gran parte, a la conexión que la idea del Residencial produjo con parejas jóvenes y público en busca de una primera vivienda con unas prestaciones y una relación calidad-precio interesantes, y con unas condiciones de financiación inicial que actualmente podríamos calificar como inmejorables.

La oferta englobaba viviendas y áticos de 1,2,3 y 4 dormitorios (todas ellas con su plaza de garaje y trastero asociados) en edificios de hasta 11 plantas, con grandes zonas comunes recreativas, jardines, piscina y pistas polideportivas. En la actualidad toda la Primera Fase se encuentra ya vendida.

Las calidades, que en principio pretendían ser medias, han experimentado mejoras muy importantes por decisión de la Promotora, en contra de su propio interés comercial, para poder ofrecer mediante ese esfuerzo una promoción de mucha mayor entidad. Algunas de estas mejoras han consistido, por ejemplo, en introducir acabados exteriores de calidad superior como ladrillo visto gresificado en fachada o revestimiento de portales y dis-



tribuidores de granito. En cuanto a acabados interiores se ha introducido la tarima de roble en sustitución del gres, se aporta la carpintería oscilobatiente en lugar de la corredera y se incluyen como partidas extras molduras altas de escayola y la preinstalación de aire acondicionado.

MEDIOS DE GESTION Y PRODUCCION DE OBRA

Además de los Departamentos Técnico, Jurídico, Administrativo y Financiero que ha gestionado el Programa de Actuación Urbanizadora, la promotora cuenta como parte del grupo de empresas con una gran constructora que, además de urbanizar todas las fases del sector, se está encargando de su ejecución contando con recursos propios para afrontar las grandes partidas de obra de manera autónoma, como sucede con la urbanización y la estructura. Para ello cuenta con un gran parque de maquinaria y potencial de personal, así como con un taller propio de elaboración de ferralla y una planta de hormigón y gravacemento de uso exclusivo para la promoción.

En relación al taller de ferralla, dispone de una capacidad para la elaboración de 1.600 t mensuales de ferralla, y cuenta con una plantilla de 123 ferrallistas oficiales de primera. La planta de hormigón está dotada de dos bocas de carga con una amasadora de 3 m³ cada una, capaces de fabricar 160 m³/hora, así como otra boca de carga por vía seca capaz de fabricar grava-cemento y mortero.

El suministro diario de hormigones para la realización de las estructuras es de 1.800 m³, para lo cual la planta dispone de 31 camiones hormigonera.

“La futura ciudad constará de 13.568 viviendas, además de contar con los equipamientos de ocio y dotacionales necesarios”





DESCRIPCIÓN DE LA OBRA

El comienzo oficial de la obra se produjo bajo acta el día 7 de abril de 2004 con los primeros movimientos de tierras de las excavaciones de las parcelas de la Fase 1, estando prevista la finalización de toda la actuación en abril de 2009.

Los primeros movimientos de tierras ya hacían prever la magnitud de la obra en marcha. En la adecuación de los solares y el terraplenado de los viarios interviene, además de excavadoras, semirremolques y compactadores, maquinaria pesada del tipo Dumper, Bulldozer modelo D-11 (presente en España solamente en grandes obras civiles), debido en parte a la dificultad de excavación en este terreno yesífero-rocoso de una gran dureza.

Las estructuras se han proyectado, en general, adoptando una solución de cimentación superficial mediante zapatas, debido a la buena calidad del soporte existente en la zona de predominancia de estratos margo-yesíferos alcanzando a poca profundidad rocas masivas de gran resistencia. En algún caso, por la presencia de lenguas de limos, ha hecho falta cimentar con pilotes o buscar la capa competente mediante pozos de hormigón en masa cuando ésta se encontraba a menos de 3 m de profundidad. Merece destacar la existencia de zapatas de grandes dimensiones. Se trata de zapatas combinadas que acogen las grúas fijas de obra preparadas para quedar embebidas en la cota final de la solera y que llegan a tener unas dimensiones de 8,50 x 9 m y 1,35 m de canto.

Los pilares alcanzan unas dimensiones importantes de hasta 60 x 60 cm y soportan luces de hasta 6,5 metros y, conjuntamente con el muro perimetral —que lógicamente tiene también su función estructural—, sirven de apoyo para el forjado de la planta de acceso del edificio. Estos forjados, hasta el nivel de acceso incluido el de planta baja (bajo rasante) son reticulares para garantizar las sobrecargas de paso de bomberos, jardines, piscina infantil, etc. Esto ha permitido jugar con los rellenos y las cotas obteniendo agradables resultados en las zonas de ocio interiores que están equipadas con zonas verdes, área de juegos infantiles y pistas deportivas.

“El taller de ferralla, con una capacidad de 1.600 toneladas mensuales, cuenta con una plantilla de 123 ferrallistas oficiales de primera”

La estructura del resto de plantas del edificio de viviendas (sobre rasante) es también de hormigón, con forjados unidireccionales, con una media de 8 plantas en todo el P.A.U. y llegando a alcanzar las 11 plantas sobre rasante en las tipologías de torre.

En cuanto a las características generales de los elementos estructurales, el hormigón prescrito en proyecto en las unidades que se prevé contacto con el suelo que presenta un alto contenido en sulfatos es un HA-35/B/20/IIb+Qc, utilizando por tanto un cemento resistente a sulfatos. En cuanto al acero de armar se están utilizando aceros del tipo B 500 SD para las estructuras de hormigón, y del tipo S275JR para el acero estructural. ■



REPORTAJES

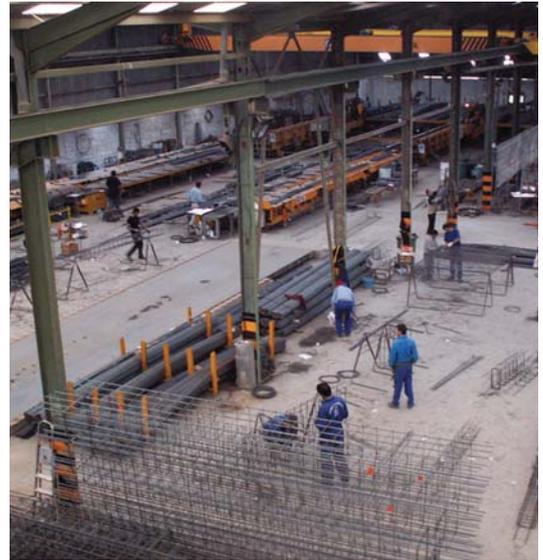
Ferros La Pobra

En el año 1983 los hermanos Manuel y José Cortés Torres fundaron esta empresa, ubicada en La Pobra de Vallbona (Valencia). Tras más de 20 años de actividad en el mercado, Ferros La Pobra, S.A. cuenta con unas modernas instalaciones con una superficie de aproximadamente 10.000 m² y un equipo de 65 profesionales al servicio de sus clientes.

Esta empresa se encuentra entre las primeras del sector de la ferralla, tanto por su nivel de facturación, de unos 7,5 millones de euros anuales, como por su capacidad de producción anual, superior a las 8.000 toneladas, pero sobre todo por su apuesta por la calidad, que la ha hecho merecedora no sólo de la certificación AENOR, sino de la marca FerraPlus de ferralla certificada, que identifica a aquellas empresas comprometidas con la innovación y las prestaciones de los productos que ofrecen a sus clientes.

Buena muestra de la confianza y calidad que ofrece Ferros La Pobra, S.A. en sus servicios, es la importancia y singularidad de algunas de las obras en las que ha intervenido, como por ejemplo el Edificio Europa, la Ciudad de Justicia, la Ciudad de las Artes y las Ciencias o el Balneario de las Arenas.

Para poder alcanzar el objetivo principal de ofrecer el mejor servicio y calidad, se ha llevado a cabo una continua adaptación a las



nuevas tecnologías. Por ello, desde hace 10 años dispone de página web, y se han venido realizando fuertes inversiones en infraestructuras para alojar la maquinaria más moderna que es controlada por ordenador y mediante un sistema de códigos de barras, eliminando en gran medida el error humano. Precisamente, los programas de control de ferralla mediante código de barras permiten realizar una adecuada trazabilidad de cualquier barra de acero, desde su colada de fábrica hasta su situación final en la obra, información que se conserva durante 10 años.



Paralelamente a la actividad principal de ferralla, y con el fin de ofrecer un mejor servicio, se diversificó la gama de productos comercializados incorporándose, en una primera fase, perfilaría, macizos y pletinas de acero, ampliándose las instalaciones con las últimas máquinas de corte para ofrecer un servicio inmediato de corte de viga.

Además, se ofrece también una amplia gama de productos complementarios para la construcción, como colectores solares, ventanas para tejado, canales de desagüe, vallas de cerramiento, escaleras, puertas, automatismos para el hogar, etc.

Para ofrecer un buen servicio de distribución a sus clientes Ferros La Pobra S.A. dispone de una amplia gama de vehículos industriales, tanto camiones como furgonetas, de los cuales el 68% tienen menos de un año.

Siendo conscientes de la realidad social y en colaboración con la Escuela Técnica de Gestión de Edificación de la U.P.V., desde 1985 se celebra una jornada de puertas abiertas para que los alumnos puedan conocer la realidad de los procesos de elaboración de la ferralla (desglose de planos, corte, ensamblaje, etc.), así como el resto de complementos para las obras que en un futuro inmediato tendrán que conocer. ■



CONECTORES ROSCADOS DE ARMADURAS PARA ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO

C. Aire y C. J. Mendoza - Instituto de Ingeniería. Universidad Nacional Autónoma de México.

Generalmente, si las condiciones lo permiten, la unión de armaduras se hace mediante solapos. Sin embargo, hay situaciones en las que el solape no es una solución práctica, como por ejemplo en zonas donde existe congestamiento de armaduras. Si bien la soldadura puede ser una solución al problema para darle continuidad a la armadura, en lugar de usar solapos, ésta presenta una serie de inconvenientes tales como lograr una soldadura eficiente cuando el trabajo se hace en el sitio de la obra. En este sentido, existen otros dispositivos mecánicos disponibles en el mercado para la unión de armaduras, principalmente de diámetros mayores a 25 mm, que permiten dar continuidad a éstas. Sin embargo, para hacer un uso fiable de tales dispositivos es importante hacer una evaluación técnica de los mismos con el fin de determinar su comportamiento, sobre todo su capacidad para la transferencia de las tracciones a través de la armadura, así como de otros requisitos adicionales de los dispositivos y del sistema en general.

Existen numerosas situaciones en las que el empleo de las conexiones mecánicas hace más práctica o viable esta solución, como por ejemplo:

- Cuando se usan armaduras de gran diámetro, generalmente en pilares, zapatas y estructuras donde se emplea armadura en exceso.
- Cuando la separación de las armaduras es insuficiente para permitir el solapo.
- Cuando los requisitos reglamentarios establecen grandes longitudes de solapos en tracción, especialmente

para armaduras de diámetro igual o superior a 25 mm.

- Cuando se usan elementos a tracción en los que no se permiten uniones de armaduras por solapos.
- Cuando la ubicación de la juntas de construcción y previsión de futuras construcciones implica el uso de conexiones para proporcionar continuidad en la armadura a tracción es preferible emplear conexiones mecánicas a tener grandes longitudes de armaduras saliendo de la construcción existente (esperas).

Los dispositivos mecánicos disponibles en el mercado tienen características físicas particulares, tanto en el dispositivo mismo como en el equipo y procedimientos de instalación requeridos, que pueden tener influencia en los métodos de diseño y construcción. El presente estudio tiene por objeto validar el comportamiento de un sistema de conectores mecánicos roscados ante la acción de cargas estáticas y dinámicas para que puedan ser usados en estructuras cuyo diseño sísmico se realiza con criterios de disipación de energía.

INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL

Descripción del sistema armadura-conector

El sistema está formado por dos armaduras a unir y un conector que permite la transferencia de traccio-

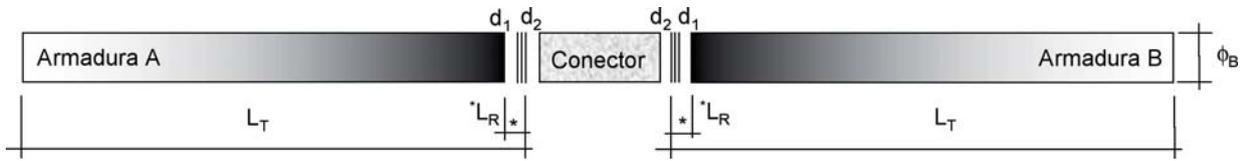


Figura 1.- Esquema del ensamblaje del sistema armadura-conector.

nes de una armadura a la otra. A los extremos de las armaduras se le hace un retacado por medio de un proceso de forja que incrementa el diámetro original de la armadura en aproximadamente 6,3 mm, en una longitud igual a la mitad de la del conector. Esto permite que la sección transversal de la armadura del tramo donde se hace la rosca nunca sea inferior al área nominal de la misma.

El conector se hace a partir de barras de acero lisas de sección circular, de calidad similar a la de las armaduras a unir, con diámetro exterior suficiente para que el área neta del conector sea superior al área nominal de las armaduras que conecta. La longitud del conector varía de acuerdo al diámetro de las armaduras.

Tanto los extremos de las armaduras como la superficie interna del conector tienen rosca estándar de 8 hilos por pulgada. La Figura 1 muestra un detalle del montaje del conector, donde L_T es la longitud total de la armadura (A ó B, A es el apoyo superior y B el apoyo inferior en el ensayo a tracción), L_R es la longitud de la rosca de la armadura correspondiente; d_1 y d_2 el diámetro interior y exterior en el extremo de la armadura correspondiente, ϕ_B es el diámetro de la armadura.

Descripción del estudio

El objetivo del estudio es validar la eficacia del sistema de conexión de armaduras de diámetros grandes (25,4; 31,8 y 38,1 mm) para transmitir tracciones y compresiones de una armadura a otra cuando las estructuras de hormigón de que forman parte están sujetas a cargas

estáticas y/o dinámicas. Para esto se siguieron las recomendaciones del "Standard Specification for Reinforcement Connections for Seismic Designs Utilizing Energy Dissipation Criteria", propuesto por el Comité ACI 439 (ACI 439B, 1997).

Los ensayos se realizaron para tres diámetros diferentes, 25,4; 31,8 y 38,1 mm, de cuatro fabricantes de armaduras diferentes, y se ensayaron 3 armaduras en cada caso. Se realizaron cuatro tipos de ensayos:

1. *Ensayo a tracción hasta la rotura bajo carga monotónica de las armaduras sin conector.* En la determinación de la deformación unitaria se empleó una longitud de medición de 200 mm.
2. *Ensayo a tracción hasta la rotura bajo carga monotónica de las armaduras unidas con conector.* La longitud inicial para la determinación de las deformaciones unitarias fue de 160, 200 y 240 mm para las armaduras de 25,4; 31,8 y 38,1 mm de diámetro, respectivamente, de acuerdo con las recomendaciones del ACI 439, que especifica que esta longitud debe ser igual a la longitud del conector más cuatro diámetros de la armadura. La Tabla 1 muestra las características dimensionales del conector.

Tabla 1.- Dimensiones nominales de los conectores y rosca en las armaduras.

Diámetro de la armadura (mm)	Diámetro del conector, ϕ_c (mm)		Longitud del conector, L_c (mm)	Longitud de la rosca en la armadura, L_R (mm)
	Exterior	Interior		
25,4	44,45	34,92	60	30
31,8	57,15	41,28	70	35
38,1	63,50	47,63	90	45

¹ "Norma de especificaciones para conexiones de armaduras en proyectos sísmicos que utilicen criterios de disipación de energía".



FERROTECNIA

3. *Ensayo de carga cíclica de las armaduras unidas con conector.* La carga cíclica de tracción varía entre una carga prácticamente nula hasta una carga máxima correspondiente a la carga que produce una deformación unitaria de $\epsilon = 0,04$ en las armaduras sin conector. El objetivo de este ensayo es comprobar la capacidad del sistema para soportar cargas cíclicas (18 ciclos) sin perder capacidad de carga, conservando la deformación del sistema dentro de los valores considerados como aceptables. Las recomendaciones para la precalificación del sistema indican que éste debe tener una resistencia, después de la aplicación de los 18 ciclos de carga, igual o mayor que la resistencia nominal de las armaduras que se ensayan. Además, después de 12 ciclos de carga el deslizamiento dentro del conector debe ser menor o igual que $0,31D + 0,03L$, donde D es el diámetro de la armadura y L la longitud del conector. Para el sistema ensayado estos valores corresponden a 9,67; 11,94 y 14,51 mm para las armaduras de 25,4; 31,8 y 38,1 mm de diámetro, respectivamente.

4. *Ensayo de carga cíclica reversible aplicado al sistema armadura-conector para niveles de tensión variando entre $1,25f_y$ en tracción y $0,20f_y$ en compresión.* Se aplicaron ciclos de carga hasta alcanzar el nivel de tensiones indicado; posteriormen-

te se aplicaron 18 ciclos de carga en este intervalo y a continuación se fue incrementando el nivel de esfuerzo de tracción hasta alcanzar la rotura de la probeta. El objetivo buscado fue comprobar la capacidad del sistema para disipar energía para niveles de tensión relativamente elevados.

Los tres primeros tipos de ensayo se realizaron en una prensa de 2,5 MN de capacidad. Para el cuarto tipo de ensayo se utilizó un marco de carga acondicionado con un actuador de 0,5 MN y operado por un sistema MTS. En este último caso, por limitaciones en la capacidad del sistema para aplicar cargas cíclicas con inversión de tensiones, sólo se realizaron pruebas en las armaduras de 25,4 mm. Para el registro de las deformaciones se emplearon, en todos los casos, medidores de desplazamiento tipo DCDT (Direct Current Displacement Transducers). La Figura 2 muestra un detalle de un ensayo y su instrumentación típica a tracción para el sistema armadura-conector, mientras que la Figura 3 muestra un ensayo típico del mismo sistema armadura-conector con aplicación de cargas cíclicas e inversión de tensiones.



a. Vista general de un ensayo a tracción estático.



b. Detalle de la instrumentación.

Figura 2.- Ensayo a tracción estático.

RESULTADOS

Características dimensionales

Los resultados de medición del sistema de conexión armadura-conector muestran que la longitud de rosca realizada en los extremos de las armaduras es menor que la mitad de la longitud del conector. La Tabla 2 muestra los valores promedio de estas mediciones y el coeficiente de variación, donde d es el diámetro de la rosca en la armadura y e el espesor del conector. Las diferencias son del orden de 1,2%, 2,9% y 5,3% en longitud para las armaduras de 25,4; 31,8 y 38,1 mm, respectivamente. Esta diferencia en

la longitud de la rosca no tiene importancia cuando las armaduras trabajan a tracción, sin embargo, cuando trabajen a compresión, ésta se transmitirá únicamente a través del roscado dado que las armaduras no apoyarán una contra otra. Para evitar esto es aconsejable garantizar que la longitud del tramo con rosca sea ligeramente mayor que la mitad de la longitud del conector. La longitud promedio de los conectores resultó muy cercana a la nominal, 60, 70 y 90 mm para las armaduras de 25,4; 31,8 y 38,1 mm. Los coeficientes de variación obtenidos son aceptables.

En cuanto al diámetro del tramo de armadura con rosca, éste es mayor en 6,3 mm al diámetro nominal de la armadura



a. Vista general de un ensayo cíclico.



b. Detalle de la instrumentación.

Figura 3.- Ensayo cíclico con inversión de tensiones.



FERROTECNIA

correspondiente, como ya se ha mencionado. Esto garantiza de alguna forma que la rotura no se presentará en el tramo con rosca por presentar un área mayor a la nominal. En concreto, en los casos estudiados se trata de un incremento de área del 56%, 45% y 35% para las armaduras de 25,4; 31,8 y 38,1 mm, respectivamente. La Tabla 3 muestra estos resultados (promedio de 3 valores) y su coeficiente de variación (CV).

Las áreas de los conectores se calcularon a partir del peso del conector, su longitud y la densidad del acero (7,84 g/cm³) y resultaron ser, en promedio, 28%, 61% y 28% superior a las nominales de las armaduras de 25,4; 31,8 y 38,1 mm, respectivamente. El área efectiva de los conectores de la armadura de 31,8 mm es

mayor que las otras dos debido a la disponibilidad en el mercado de las barras de acero a partir de las cuales se fabricaron los conectores. Los diámetros de esas barras de acero fueron 19 mm más grandes para los conectores de 25,4 mm y 25,4 mm más grandes para los de 31,8 y 38,1 mm. Los valores de coeficiente de variación obtenidos indican una baja dispersión de los resultados.

Características mecánicas del acero del conector y de las armaduras

Los conectores se fabricaron a partir de barras de acero lisas de sección circular. La Figura 4 muestra el comportamiento típico tensión-deformación de la ba-

⇒ **Tabla 2.-** Características dimensionales de los conectores y rosca en las armaduras.

Diámetro de la armadura (mm)	Dimensión de la rosca				Dimensión del conector			
	\bar{L}_r (mm)	CV* (%)	\bar{d} (mm)	CV* (%)	\bar{L}_c (mm)	CV* (%)	\bar{e} (mm)	CV* (%)
25,4	29,62	6,1	31,80	1,8	59,95	0,4	6,68	1,5
31,8	33,98	5,9	38,01	3,3	71,31	2,1	9,78	1,5
38,1	42,61	5,7	44,15	1,1	89,51	1,5	9,92	1,6

* CV: Coeficiente de variación.

⇒ **Tabla 3.-** Áreas promedio de la sección transversal de las armaduras, conector y sección con rosca.

Diámetro (mm)	Fabricante	Área sección con rosca		Área del conector		Área rosca/ Área nominal		Área conector/ Área nominal	
		(cm ²)	CV (%)	(cm ²)	CV (%)		CV (%)		CV (%)
25,4	A	7,96	0,19	6,47	0,79	1,57	0,00	1,27	0,91
	B	7,92	0,22	6,51	1,05	1,56	0,00	1,28	1,19
	C	7,66	1,63	6,50	0,81	1,51	1,75	1,28	0,78
	D	8,09	1,08	6,52	1,08	1,60	1,30	1,28	1,19
31,8	A	11,50	0,60	12,81	0,47	1,45	0,80	1,61	0,36
	B	11,46	0,76	12,77*	0,66*	1,44	1,06	1,61*	0,88*
	C	11,47	0,82	12,78	1,38	1,45	0,80	1,61	1,44
	D	11,67	0,88	12,81	0,09	1,47	0,68	1,61	0,00
38,1	A	15,39*	0,00*	14,53*	1,75*	1,35*	0,00*	1,28*	1,66*
	B	15,32	0,37	14,77	1,03	1,34	0,43	1,29	0,89
	C	15,23	0,74	14,75	0,83	1,34	0,86	1,29	0,89
	D	15,52	1,10	14,44	1,92	1,36	1,27	1,27	0,82

* Promedio de dos valores.

ra de acero de 57,15 mm usada en la fabricación de los conectores, con un límite elástico de 506 MPa, una resistencia a la tracción de 781 MPa y un módulo de elasticidad de 231 GPa.

También se determinaron las características mecánicas de las armaduras sin conector. La Figura 5 muestra el comportamiento tensión-deformación típico de las armaduras ensayadas y la Tabla 4 presenta los resultados obtenidos (promedio de 3 valores) y su coeficiente de variación (CV). Las tensiones se calcularon con el área nominal de la armadura, y las deformaciones unitarias sobre una longitud de medición de 200 mm.

Según la norma mexicana NMX C-407-ONNCCE-2000 la armadura grado 42 debe alcanzar un límite elástico igual o mayor que 412 MPa, una resistencia mínima a la tracción de 618 MPa y un alargamiento de rotura superior al 8% para las armaduras de 25,4 mm y al 7% para las de 31,8 y 38,1 mm. Los resultados obtenidos

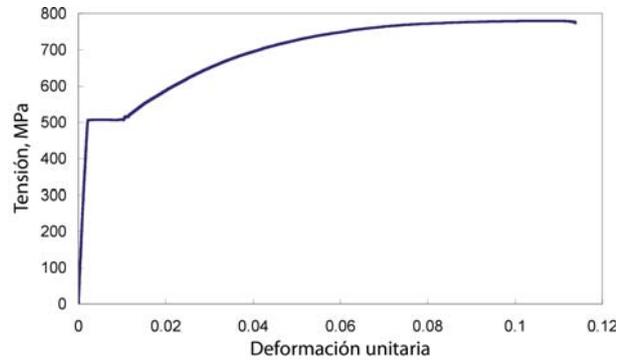


Figura 4.- Curva tensión-deformación del acero usado en la fabricación de los conectores.

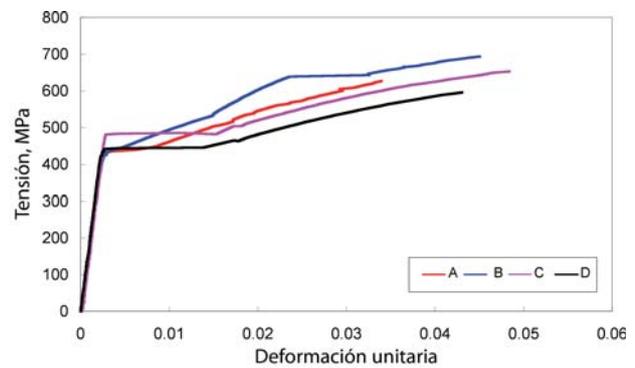


Figura 5.- Curva tensión-deformación de las armaduras sin conector. Armaduras de 25,4 mm.

Tabla 4.- Características mecánicas de las armaduras sin conector.

Diámetro (mm)	Fabricante	Límite elástico		Resistencia a la tracción		Módulo de elasticidad		Alargamiento de rotura		Carga al 4% del alargamiento	
		\bar{f}_y	CV	\bar{f}_{max}	CV	\bar{E}	CV	$\bar{\epsilon}$	CV	\bar{P}	CV
		(MPa)	(%)	(MPa)	(%)	(GPa)	(%)	(%)	(%)	(kN)	(%)
25,4	A	435	0,48	729	0,19	173	8,86	15,7	1,91	330	0,90
	B	427	2,67	741	2,84	174	5,18	16,2	4,66	343*	0,82*
	C	483	0,16	711	0,07	185	11,37	16,1	8,36	318	0,17
	D	442	0,57	679	0,04	188	4,74	21,0	6,41	296	0,76
31,8	A	438	2,20	759	0,47	167	2,20	17,2	5,23	532	0,78
	B	425	0,63	714	1,05	175	2,26	17,3	8,63	493	1,08
	C	423	0,42	677	0,11	187	2,93	19,5	5,40	465	0,64
	D	438	1,35	717	0,60	186	2,32	16,8	0,91	495	0,89
38,1	A	420	1,62	729	1,83	193	2,40	15,8	1,79	732	2,91
	B	422	3,06	723	0,31	184	1,54	17,7	11,75	330	0,90
	C	482	5,22	747	3,25	193	7,63	15,5	10,07	760	3,23
	D	438	0,31	699	0,07	195	1,18	19,5	1,18	678	1,59

* Promedio de dos valores.



FERROTECNIA

superan los valores mínimos antes mencionados y los resultados de módulo de elasticidad son inferiores al valor nominal estimado en 210 GPa.

La carga correspondiente al 4% del alargamiento unitario se determinó para establecer el nivel de carga de los ciclos que se le darían al sistema armadura-conector. Los valores encontrados corresponden aproximadamente al 88% de la carga máxima, lo cual indica que el acero está trabajando en su intervalo plástico

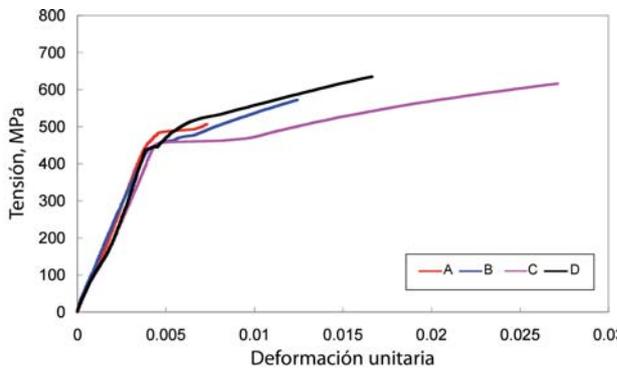


Figura 6.- Curva tensión-deformación de las armaduras con conector. Armaduras de 25,4 mm.

Tabla 5.- Resultados de los ensayos del sistema armadura-conector.

Diámetro (mm)	Fabricante	Límite elástico		Prueba estática				Prueba cíclica			
				Resistencia a la tracción		Módulo de elasticidad		Resistencia a la tracción		Deslizamiento del conector	
		\bar{f}_y (MPa)	CV (%)	\bar{f}_{max} (MPa)	CV (%)	\bar{E} (GPa)	CV (%)	\bar{f}_{max} (MPa)	CV (%)	(mm)	CV (%)
25,4	A	480	4,98	720*	5,35*	115	6,67	732	4,57	2,22	5,54
	B	451	3,18	669	4,57	114	16,49	710	7,13	2,32*	0,00*
	C	459	2,65	679	2,62	106	2,83	661	1,25	3,36	11,20
	D	441	8,31	673	1,53	132	11,90	665	3,42	2,53	12,34
31,8	A	479	2,94	720	2,48	118	3,82	707	2,73	5,46	6,88
	B	418	4,34	667	8,48	115	15,49	689	0,42	4,64	5,67
	C	502	4,23	735	3,02	122	1,08	694	1,08	3,24	10,13
	D	432	3,53	685	1,35	129	8,11	688	0,18	4,64	13,79
38,1	A	427*	2,93*	714	6,12	104*	4,98*	739	0,07	6,72	10,74
	B	440	1,86	688	5,68	99	9,08	709	8,92	4,66	11,59
	C	452	3,98	732*	1,16*	111	8,80	710	2,66	8,60	18,15
	D	440	2,72	709	1,04	93	10,99	688	0,68	5,99	22,72

* Promedio de dos valores.

y si el sistema armadura-conector es capaz de soportar ciclos de carga a esos niveles de tensión tendrá la capacidad de disipar energía con dichos ciclos.

En general, la dispersión de los resultados es aceptable. Sólo en tres casos se obtuvo un coeficiente de variación (CV) superior al 10%, lo que indica una menor representatividad con respecto al valor medio. En estos casos, es conveniente repetir un número determinado de ensayos.

PRUEBAS

Pruebas estáticas del sistema armadura-conector

La Figura 6 muestra el comportamiento tensión-deformación típico del sistema armadura-conector. En general, la curva presentó un tramo inicial no proporcional a las tensiones, debido a la presencia de un corrimiento o ajuste entre las roscas de la armadura y el conector, después se presenta un tramo elástico y finalmente un

comportamiento inelástico. También se observó que la fluencia no está bien definida, y en esos casos es posible estimarla con el criterio de intersección de la curva con la recta paralela a la parte del comportamiento elástico que pasa por una deformación de 0,002.

La Tabla 5 muestra los resultados de los ensayos estáticos realizados al sistema armadura conector. La resistencia a la tracción alcanzada es superior al mínimo especificado por la norma mexicana NMX C-407 ONNC-CE-2000 (618 MPa) y ligeramente menor a la alcanzada por las armaduras solas (en promedio 96%). En todos los ensayos la rotura se presentó fuera de la conexión, a excepción de un solo caso, lo cual se debió a una burbuja detectada en la sección transversal del conector, no visible antes de la prueba, aunque la resistencia a la tracción alcanzada fue superior a 618 MPa.

El módulo de elasticidad del sistema resultó ser, en promedio, un 65% del de las armaduras solas, en el caso de las armaduras de 25,4 mm de diámetro, un 68% para las armaduras de 31,8 mm y un 54% para las de 38,1 mm de diámetro. Esto tiene implicaciones en las hipótesis de diseño del hormigón armado, ya que la fluencia del acero en la conexión se presentaría a deformaciones mayores y, en consecuencia, la fisuración del hormigón a tracción a la tensión de fluencia del acero también sería mayor. Para subsanar esta situación, en los Reglamentos de Construcción (GDF, ACI 318) se especifica que en una misma sección no se debe tener más del 50% de las armaduras unidas con conectores, para que de esta forma al menos la mitad del acero empiece a fluir a la deformación que considera la hipótesis de diseño ($\epsilon = 0,0021$ para la armadura de grado 42) y con esto darle ductilidad a la estructura. Por otro lado, se obtuvieron coeficientes de variación (CV) mayores que en el caso de las armaduras sin conector, sobre todo en los resultados del módulo de elasticidad. Cuando la dispersión es elevada, es conveniente realizar ensayos adicionales para confirmar los resultados.

Pruebas cíclicas del sistema armaduras-conector

Los resultados se muestran en la Tabla 5. Todas las armaduras soportaron los 18 ciclos a excepción de una, en la cual la rotura se presentó en el ciclo 16 en una sección alejada de la conexión (armadura B de 25,4 mm). La Figura 7 muestra una curva tensión-deformación típica del sistema armadura-conector sometido a 18 ciclos de tracción, en la que se observa que no hay disipación de energía, debido a que los ciclos de carga y descarga se mantienen en el intervalo correspondiente al comportamiento elástico. Esto no significa que el sistema no disipe energía, sino que en este ensayo no hubo inversión de tensiones que permitiera formar el ciclo de histéresis cuya área encerrada representa la energía disipada.

Por otro lado, la resistencia a tracción del sistema armadura-conector después de aplicar los 18 ciclos de carga fue en promedio del mismo orden que la resistencia máxima alcanzada con el sistema bajo carga monotónica, y en ningún caso inferior a la resistencia mínima requerida para la barra sola (618 MPa).

Además, de acuerdo con el criterio de aceptación por deslizamiento dentro del conector, si se cumple con el requisito de capacidad de carga después de 18 ciclos ya no es preciso cumplir con el requisito de deslizamiento. Sin embargo, se midió el deslizamiento total acumulado de la armadura en el conector comprobándose que los valores alcanzados fueron menores a los límites, y en promedio fueron de 2,61; 4,50 y 6,49 mm para las armaduras de 25,4; 31,8 y 38,1 mm, respectivamente, siendo los valores límite 9,67; 11,94 y 14,51 mm, respectivamente.

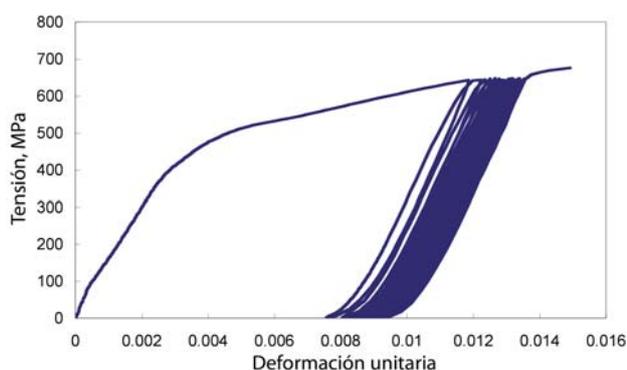


Figura 7.- Curva tensión-deformación del sistema armadura-conector con carga cíclica. Armadura de 25,4 mm.



FERROTECNIA

Pruebas cíclicas del sistema armadura-conector con inversión de tensiones

La Tabla 6 muestra las áreas de la sección transversal de las armaduras y conectores usados en los ensayos cíclicos con inversión de tensiones (tracción-compresión), y la Tabla 7 los resultados de estos ensayos (promedio de tres valores). Sólo se hicieron ensayos con armaduras de 25,4 mm por limitaciones del equipo. El comportamiento de estas armaduras bajo cargas cíclicas con inversión de tensiones comparado con los resultados obtenidos en los ensayos bajo cargas cíclicas con tensión únicamente de tracción permite afirmar que estas últimas son representativas de las primeras. En general, se alcanzaron resistencias promedio mayores al mínimo especificado (618 MPa). Solo en tres casos (una muestra del fabricante A y dos del fabricante B) estos valores fueron inferiores, del orden del 90% a este valor mínimo. Sin embargo, en este ensayo se aplicaron en todos los casos muchos más ciclos de carga (mayor de 18 ciclos) y la resistencia tiende a bajar con el número de ciclos. Además, con esta prueba se trató de demostrar la capacidad de disipación de energía del sistema, lo cual quedó demostrado en todos los ensayos realizados y en la Figura 8 que

muestra una curva típica tensión-deformación del sistema armadura-conector con inversión de tensiones.

Por otro lado, el coeficiente de variación (CV) de los resultados es elevado. Esto se puede atribuir a que no se aplicó un número constante de ciclos de carga, porque el objetivo era demostrar la capacidad de disipación de energía. Sería conveniente realizar ensayos adicionales con inversión de tensiones aplicando un número fijo de ciclos (por ejemplo, 18 ciclos), y después retirar las armaduras y ensayarlas a tracción simple.

Es importante mencionar que la rotura, en todos los casos, se presentó en la armadura, lejos del conector, por lo que las armaduras solas, sin conector, también fallarían a tensiones similares bajo esquemas similares de ensayos.

Aún cuando el número de ciclos de carga aplicados fueron muy superiores al requerido (18 ciclos), el

⇒ **Tabla 6.-** Áreas de la sección transversal de las armaduras, conector y sección con rosca. Armadura de 25,4 mm.

Fabricante	Área sección con rosca		Área del conector		Área rosca/ Área nominal		Área conector/ Área nominal	
	(cm ²)	CV (%)	(cm ²)	CV (%)		CV (%)		CV (%)
A	8,04	0,62	6,42	0,41	1,59	0,73	1,26	0,46
B	7,99	0,63	6,48	0,70	1,58	0,37	1,28	0,78
C	8,07	1,29	6,45	0,95	1,60	1,30	1,27	1,20
D	8,06	0,95	6,53	1,13	1,59	0,63	1,29	0,90

⇒ **Tabla 7.-** Resultado de las pruebas cíclicas con inversión de tensiones. Sistema armadura-conector. Armadura de 25,4 mm.

Fabricante	Resistencia a la tracción		Deslizamiento en el conector		Número de ciclos hasta rotura (n)
	\bar{f}_{max}	CV		CV	
	(MPa)	(%)	(mm)	(%)	
A	654	12,65	2,8	57,07	46
B	611	21,77	1,1	29,84	49
C	685	2,69	4,0	15,10	37
D	696	3,20	2,4	0,00	43

deslizamiento de las armaduras dentro del conector, en todos los casos, fue inferior a los 9,67 mm considerado como aceptable para el sistema de conexión ensayado.

CONCLUSIONES

En el presente estudio se sometió un sistema de conexiones, formado por armaduras y conectores, a ensayos de tracción bajo carga monotónica, a ensayos cíclicos de tracción, y a pruebas cíclicas reversibles con inversión de tensiones. Las principales conclusiones a las que se han llegado son las siguientes.

1. En la verificación de las características dimensionales del sistema se encontró que la longitud de la rosca en las armaduras resultaron, en promedio, ligeramente inferiores a la mitad de la longitud del conector, por lo que en algunos casos los extremos de las armaduras no apoyarán una contra la otra, debiéndose garantizar que esto ocurra.
2. El límite elástico y la resistencia a tracción de las armaduras unidas con el sistema estudiado no se ven afectados por el uso de los conectores en la unión de las mismas.
3. El módulo de elasticidad del sistema armaduras-conector resultó ser inferior al de las armaduras solas. Para no afectar a la ductilidad de las estructuras resulta aceptable unir en una misma sección hasta la mitad de la armadura con el sistema de conexión aquí evaluado.
4. Las pruebas cíclicas aplicadas indicaron la capacidad del sistema para soportar 18 ciclos de carga a niveles de tensión y deformación elevados.
5. Las pruebas complementarias realizadas en el intervalo de tensiones de $0,20f_y$ en compresión y $1,25f_y$ en tracción, muestran la capacidad de disipación de energía a niveles de tensión relativamente elevados. Lo anterior confirma la capacidad del sistema de conexión para disipar energía cuando incursiona en el intervalo inelástico.

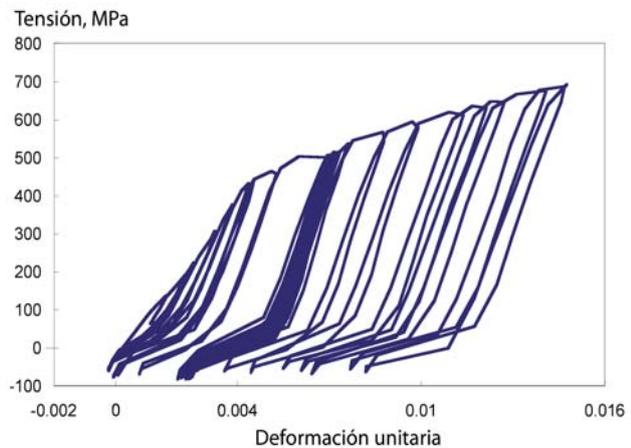


Figura 8.- Curva tensión-deformación del sistema armadura-conector con carga cíclica e inversión de tensiones. Armadura de 25,4 mm.

6. Cuando la dispersión de los resultados sea elevada es recomendable realizar ensayos adicionales con el fin de verificar los resultados. Es conveniente garantizar que se siga el mismo procedimiento en todos los ensayos para evitar que las dispersiones sean altas.
7. Para validar el uso de los conectores en estudio en elementos estructurales sujetos a un número elevado de cargas cíclicas sería necesario verificar su comportamiento en pruebas de fatiga.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACI Committee 439 (1997). "Mechanical Connections of Reinforcing Bars". ACI Manual of Concrete Practice, Part 3.
- ACI Committee 439B (1997). "Proposed Standard Specification for Reinforcement Connections for Seismic Designs Utilizing Energy Dissipation Criteria" ACI, Spring Convention, Seattle, Washington, April.
- ACI Committee 318 (2000). "Building Code Requirements for Structural Concrete". ACI Manual of Concrete Practice, Part 3.
- GDF (2004), "Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras de Concreto". Secretaría de Obras y Servicios, Gobierno del Distrito Federal.
- NMX C 407 (2000). "Industria de la Construcción. Varilla Corrugada de Acero Proveniente de Lingote y Palanquilla para Refuerzo de Concreto. Especificaciones y Método de Prueba", ONNCE. ■



ANEPA advierte sobre la necesidad de implantar mejoras en el sector de la construcción

La baja seguridad en las obras, propiciada por la subcontratación, las prisas por finalizar y la gran cantidad de trabajo existente que fomenta la contratación de mano de obra no cualificada, posibles causas de esta situación.

La Asociación Nacional de Entidades Preventivas Acreditadas (ANEPA) ha recordado recientemente la importancia de la prevención, así como la necesidad de apostar por la seguridad y salud, sobre todo, en el sector de la construcción.

En opinión de ANEPA, a pesar de que se han realizado muchos avances en materia de seguridad en el sector de la construcción, todavía persisten muchas prácticas y factores que permiten que se produzcan lamentables accidentes: la baja seguridad en las obras (relacionada en muchos casos con la cadena de subcontratación), las prisas por finalizarlas, así como la gran cantidad de trabajo existente en el sector que permite la con-

tratación de mano de obra con menor cualificación. Como conclusión, se puede destacar que los accidentes en la construcción no sólo son generados por la falta de medidas de seguridad o prevención, sino que se ven muy influidos por la forma en la que se gestiona el proceso productivo.

ANEPA aboga por la actuación "real" de los coordinadores de seguridad en las obras de construcción, en la exigencia de la dedicación adecuada, en particular, en aquellas obras de menor entidad en las que se encuentran profesionales, sin experiencia ni formación preventiva, que figuran como coordinadores pero no actúan.

ANEPA, miembro de pleno derecho de la CEOE con representación en el Comité de Prevención de Riesgos Laborales de la citada Confederación, es una organización que aglutina a las principales entidades preventivas de riesgos laborales de nuestro país. Los objetivos principales de la Asociación se centran en: informar sobre la legislación vigente en materia de Prevención de Riesgos Laborales, dar a conocer los sistemas de prevención y ayudar a la creación de una verdadera cultura preventiva, con el fin de reducir la siniestralidad laboral en las empresas españolas. ANEPA mantiene una relación constante (siendo interlocutor válido en representación del sector de la Prevención de Riesgos Laborales) con los distintos Ministerios con competencias en materia de Prevención de Riesgos Laborales, así como con las distintas Consejerías de las Comunidades Autónomas.



En estas construcciones los estudios y los planes de seguridad son meros documentos testimoniales que, no sólo no tienen la calidad adecuada, sino que no son tenidos en cuenta durante las diferentes fases de obra.

“Consideramos que debemos plantear una reforma como en otros países de la Unión Europea, donde la coordinación debe ser realizada a través de empresas especializadas y no de profesionales libres que, en muchos casos, figuran como coordinadores pero no aparecen por la obra. La existencia de empresas especializadas comportaría una mayor implicación, control y responsabilidad en el desarrollo de las funciones de coordinación”, explica el presidente de la Asociación, Juan Carlos Bajo. ■



Relevo en la Dirección General de Oficemen

Aniceto Zaragoza Ramírez ha sido nombrado Director General de Oficemen (Agrupación de Fabricantes de Cemento de España) en sustitución de Rafael Fernández Sánchez, quien recientemente ha alcanzado la edad de jubilación.

Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, el Sr. Zaragoza tiene una larga trayectoria profesional en el mundo de las carreteras, donde durante los últimos 17 años ha ocupado el puesto de Director General de la Asociación Española de la Carretera (AEC), con una destacadísima presencia internacional que le ha llevado a ostentar, entre otros cargos, la presidencia de la Federación Europea de Carreteras (ERF). ■



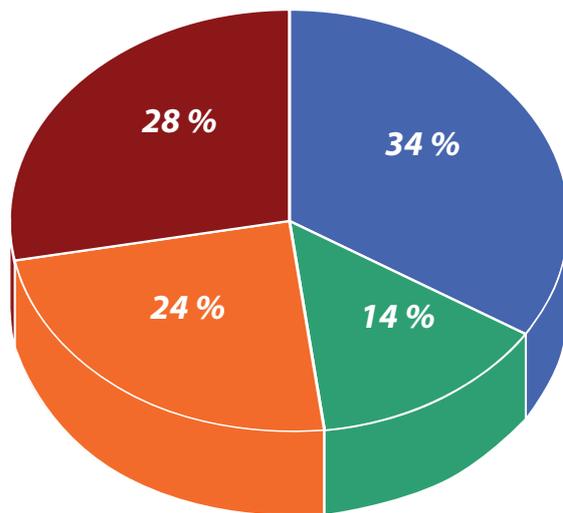


Menores expectativas de crecimiento en la construcción española

El ITeC, miembro de Euroconstruct, ha dado a conocer el último informe de situación del sector de la construcción en Europa, en el que queda de manifiesto el comienzo de una etapa de desaceleración en el sector español.

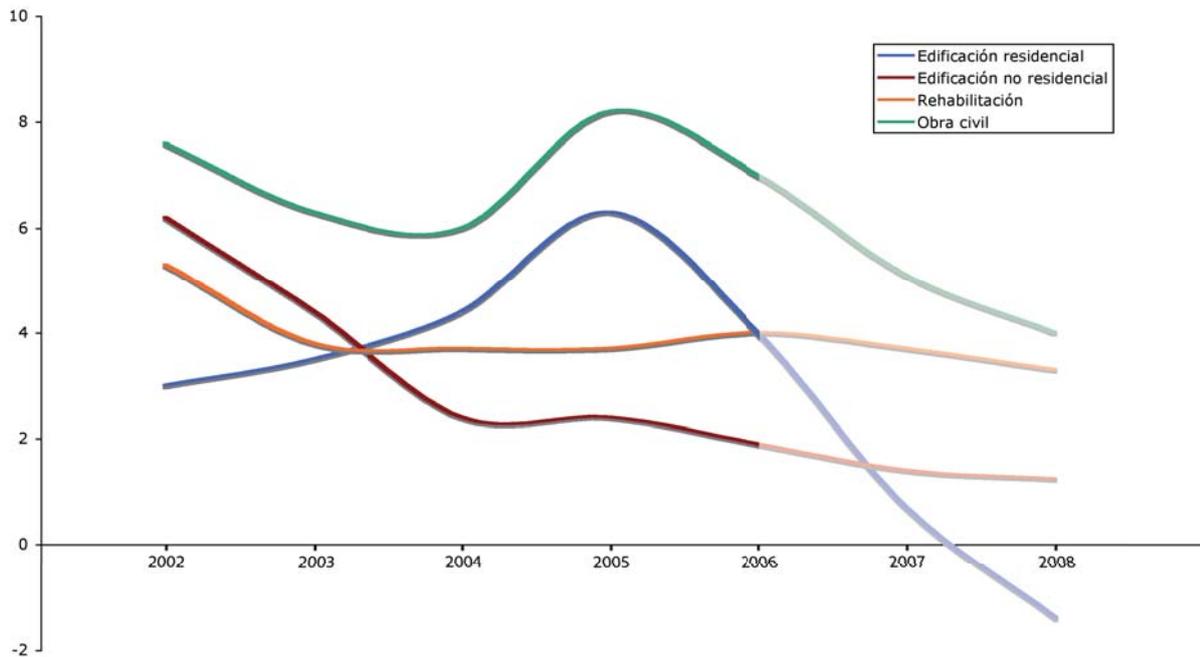
El buen comportamiento de la economía española ha contribuido en los últimos años a un crecimiento sin obstáculos de la construcción española. En estos momentos, y a pesar de no haberse producido cambios significativos en la situación económica general, la subida de los tipos de interés ha hecho entrar en escena un elemento potencialmente perturbador en el sector de la edificación residencial, uno de los mayores segmentos de mercado del sector de la construcción en estos momentos.

Por el momento, los efectos previsibles que pudiera tener esta subida de tipos en la demanda no se han producido, en parte por la gran fortaleza de la construcción residencial y de que por el momento esta subida ha sido muy moderada. Sin embargo, un análisis de la situación hace prever la dificultad de repetir índices de crecimiento como los alcanzados en el 2005, aunque el año 2006 va a ser todavía un buen año con un crecimiento del orden del 4 %.



Para los próximos años se estima que puede producirse una desaceleración del crecimiento, a la que contribuirá la menor escalada de precios de la vivienda que, a medio plazo, podría acabar por disuadir a la demanda meramente inversora. En este supuesto, los analistas prevén que la demanda podría cubrirse con niveles de actividad similares a los del año 2000, es decir, construyendo entre 100 y 120.000 viviendas menos al año.

En el capítulo de construcción no residencial se espera que la demanda por parte del sector terciario —oficinas, comercio y turismo y ocio, principalmente— sea capaz de contrarrestar la entrada en recesión de la construcción industrial, tradicionalmente muy consumidora de edificios. Del balance combinado de todo ello no se puede esperar más que un mantenimiento de la actividad, con crecimientos muy discretos por debajo del 2%.



Evolución reciente y previsión de tasas de crecimiento.

Si bien el calendario electoral ha podido desempeñar un papel fundamental en los elevados ritmos de crecimiento del sector de obra civil en el año 2005, los niveles de obra empezada y proyectada a medio plazo permiten barajar la posibilidad de que este segmento de mercado de construcción sea el que presente mayores potenciales de crecimiento en España.

En términos globales, el crecimiento del sector español de construcción en el año 2006 estará en torno al 4,4 %, 1,2 puntos por debajo de los niveles registrados el año anterior, presentándose un escenario de lenta erosión que podría continuar durante los dos próximos años hasta alcanzar una banda moderada de crecimiento comprendida entre el 1,5 y el 2,5 %.



zuncho Revista trimestral

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

Nombre: _____

Empresa: _____

Cargo: _____

Dirección postal: _____

E-mail: _____ Tel.: _____ Fax: _____

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

Zuncho

• Tarifas 2006 •

Zuncho es una revista técnica de carácter trimestral que nace como fruto del esfuerzo de **Calidad Siderúrgica** para reforzar la unión y la comunicación entre las empresas de ferralla que han apostado decididamente por la calidad y la industrialización (en definitiva por el progreso) y el resto del sector de la construcción.

Esta publicación intenta dar entrada a todos aquellos aspectos relacionados con el proceso constructivo, mediante un lenguaje sencillo y directo, pero siempre riguroso, con

la doble pretensión de formar e informar, sabiendo que una publicación técnica es la mejor forma de hacer llegar al público interesado la actualidad del sector y las actividades que se llevan a cabo.



☞ TARIFAS DE PUBLICIDAD

	ESPACIO (mm)	PRECIO
CONTRAPORTADA	210x297	2.000 €
INTERIOR PORTADA/ CONTRAPORTADA	210x297	1.600 €
PÁGINA	210x297	950 €
1/2 PÁGINA	210x150	600 €
PUBLI-REPORTAJE (2 páginas)	420x297	1.150 €

PERIODICIDAD	DISTRIBUCIÓN	PERFIL DEL LECTOR
Trimestral	Nacional	Direcciones de obra, arquitectos, aparejadores y arquitectos técnicos, ingenieros, administraciones públicas (central, autonómica y local), colegios profesionales, empresas constructoras, laboratorios de control, OCTs, empresas de ferralla, almacenistas, etc.

Publicidad: Advertising Label 3, S.L. (ALCUBO)
 Teléfono: 91 553 72 20
 Correo electrónico: publicidad@alcubopublicidad.com



CONSTRUYENDO UN MUNDO DE CALIDAD

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



AENOR Asociación Española de
Normalización y Certificación

LA CALIDAD TE HACE FUERTE

FERRA PLUS

Empresas que han obtenido la marca



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

... mucho más que ferralla certificada