

**EXPO 2008 Zaragoza: versatilidad y rapidez en obra.  
Diseño de anclajes de barras corrugadas a posteriori.  
Nueva DITE 08/105 para Hilti HIT-RE 500.**



Estimado lector,

Estamos siendo testigos de cómo el desarrollo sostenible va consolidando sus bases en todos los estamentos de la sociedad. Dentro de este contexto, las energías renovables y especialmente la gestión del agua, recurso vital y limitado, ha sido el eje temático de la EXPO Zaragoza 2008. Bajo el lema "Agua y desarrollo sostenible" se ha movilizó a los ciudadanos hacia la conciencia de las energías renovables.

Dentro de las cuatro líneas estratégicas de esta exposición: *informa-*

*ción, instrucción, ocio y cultura*, es el *aprovechamiento post-Expo*, uno de los condicionantes que ha estado presente en todas las fases de cada proyecto. El diseño y la ejecución versátil, segura y eficaz son los conceptos desarrollados en los artículos sobre los pabellones Ronda y Ebro que una vez finalizado el periodo de exposición se transformarán en uno de los Parques Empresariales más emblemáticos de España.

El pabellón Puente se ha convertido ya en una referencia emblemática en Zaragoza. Su dimensión escultórica, su vocación urbana y su vanguardia tecnológica hacen de él un icono de esta ciudad. Colaborar en este gran proyecto a través de soluciones innovadoras y que cumplan con los exigentes requerimientos, ha sido para los equipos de Hilti un desafío cumplido con gran compromiso.

Para conocer más de cerca el reto que ha supuesto transformar y

desarrollar los recintos expositivos en tiempo record hemos contado con la colaboración de Don Eduardo Ruiz de Temiño, Director General de Construcción de la Expo Zaragoza 2008, quien en una amplia entrevista nos desvela los retos a nivel organizativo de la EXPO 2008, que han sido ampliamente conseguidos.

Por último, incluimos en esta quinta edición dos artículos muy especiales sobre sistema de protección pasiva de fuego en muros cortina y sobre modelos de cálculo para conexiones a posteriori mediante barras corrugadas que seguro serán de su interés.

Atentamente.

**Ángel Cueto**  
 Director de Grandes Clientes y Proyectos.  
 Hilti Española, S.A.

**Edita:**

Hilti Española, S.A.  
 Avda. Fuente de la Mora, 2 Edificio 1  
 28050 Madrid  
 Tel. 902 100 475  
 Fax 900 200 417

**Responsable de contenidos:**

Alejandro Álvarez  
 Edith Pacci

**Elabora y coordina:**

Comunicación  
 Oficina Técnica  
 Grandes Proyectos  
 Desarrollo de Mercados

**Colaboradores:**

Marketing

**Diseño y producción:**

Pulse Comunicación, S.L.

**Frecuencia de aparición:**

Semestral

**Tirada:**

2.500 ejemplares  
 Impreso en papel ecológico. Contribuimos a conservar el medio ambiente  
 Buzón de sugerencias:  
 es.ingenia@hilti.com



Índice

**Aplicaciones técnicas**

- 3** Soluciones innovadoras al servicio de la ingeniería del diseño.
- 7** Expo Zaragoza 2008: versatilidad y rapidez en obra.

**Innovación**

- 10** Anclajes de barras corrugadas a posteriori: modelos de cálculo.

**La opinión del Experto**

- 13** Expo Zaragoza 2008: Agua y Desarrollo Sostenible.

**Actualidad**

- 17** Hilti CP 672. Sistema de protección contra el fuego para muro cortina.
- 18** Garantía total en las conexiones a posteriori: nueva DITE 08/105 para Hilti HIT-RE 500



Expo Zaragoza 2008.

**3** Cálculo y diseño de instalación para una geometría singular



Expo Zaragoza 2008.

**7** Fijaciones versátiles y el aprovechamiento Post-Expo



Expo Zaragoza 2008.

**13** Eficacia y eficiencia de un modelo de gestión innovador



**18** Nueva DITE 08/105 para Hilti HIT-RE 500



Expo Zaragoza 2008.

# Soluciones innovadoras al servicio de la ingeniería del diseño.

**El pabellón puente ha sido la obra referente de Expo Zaragoza 2008 durante la celebración del evento llamado a convertirse en icono de futuro dentro de la arquitectura de Zaragoza ejerciendo como polo de atracción turístico y social.**

**Por otra parte, tanto la ingeniería del diseño estructural como la ingeniería de las instalaciones han jugado un papel determinante para dar respuesta a las complejidades de una geometría tan singular.**

Por **Carlos Sangüesa**, Ingeniero, Grandes Proyectos, Hilti Española, S.A.; **Pilar González**, Ingeniero, Oficina Técnica, Hilti Española, S.A.

Agradecimientos: **Valentín García y Carlos Merino (Ove Arup)**, **Pedro Galve Fleta (Acabados UTE Dragados-URSSA)**; **Joaquín Nervión (Inco JG)**.

**S**u traza orgánica se desarrolla sobre el río Ebro, próximo al puente del Tercer Milenio, en la Ronda del Rabal. El proyecto cuenta con una doble función, la de puente y pabellón: como

puente será el principal acceso a la Expo Zaragoza 2008 y como pabellón, albergará 7000 m<sup>2</sup> de zona expositiva en dos alturas conectadas entre sí mediante pasillos y rampas.

Destaca el reto constructivo, tanto la gran complejidad del proceso como la limitación de tiempo, estimado en un plazo de ejecución de dos años. Una vez finalizada la exposición, comienza la fase

# Aplicaciones técnicas 1



Los pods 1 y 3 son expositivos en la parte superior. Debajo, en el cajón de las instalaciones, la UTE realiza un tratamiento proyectando un aislante acústico en la parte inferior del forjado mixto del suelo de los pods. Esto no podía ser alterado ni taladrado durante la fase de instalaciones. Para resolver esta situación, Hilti recomendó la fijación del carril Hilti MQ 41 cada 90 cm a techo, fijado con anclaje Hilti HUS-H 10.5/65. Una vez ejecutada esta fijación, se cubrió el ranurado del carril y se proyectó el aislamiento. Posteriormente se fijaron las bandejas eléctricas y conductos de ventilación al carril Hilti MQ.

Post-Expo por lo que se prevé que el Pabellón Puente albergue el Museo sobre las Tecnologías y el Agua.

En su interior el puente está distribuido en cuatro cuerpos o pods, de los cuales dos están abiertos permitiendo el paso peatonal mientras que los otros dos permanecieron cerrados y climatizados para albergar las exposiciones. (Ver cuadro).

Los elementos principales de la solución estructural están definidos por:

- Arcos y cordones superiores.
- Costillas principales y diagrid de fachada.
- Tablero ortótropo y celosía espacial por debajo del tablero.

Otro punto singular que cabe mencionar en cuanto al diseño de esta estructura es que ninguna curva o superficie está definida matemáticamente sino que éstas se subordinan a la definición de la geometría de los espacios peatonales y de exposición.

**Por debajo del tablero se encuentra la viga cajón, formada por una celosía espacial y que alberga el paso de todas las instalaciones del puente<sup>1</sup>.**

## Soluciones técnicas para una geometría singular

Debido al uso del puente como pabellón expositivo, dicha construcción pasa a tener la condición de espacio habitado lo que genera una serie de requerimientos en cuanto a las instalaciones. Aparece la necesidad de incluir instalaciones eléctricas, audiovisuales, de fontanería y de climatización. Esta situación tenía que ser compatible con la limitación del recinto destinado a dichas instalaciones. El desafío estaría en conseguir un diseño optimizado para un espacio

interior con una geometría muy singular.

Hilti ha colaborado con Acabados Pabellón Puente UTE Dragados-URSSA para la definición de una solución para soportar las instalaciones ya mencionadas en cada uno de los cajones bajo los distintos pods. **Para estas condiciones, los sistemas modulares de carriles Hilti MQ se ajustan perfectamente por su flexibilidad y facilidad de montaje a las necesidades de un proyecto de este tipo.**

La oficina técnica de Hilti recibió los planos de las distintas secciones en los que se especifican el tipo de instalaciones que se debían soportar y el nivel al que se encontrarían. A partir de los mismos la oficina técnica de Hilti comienza a realizar el estudio de la suportación que comprende distintas fases:

### Fase 1. Estudio de los planos.

Para determinar la distancia máxima entre soportes y los tipos de

suportación, fue necesario un detenido estudio de los planos de las 76 secciones del puente. Con los resultados de dicho estudio y de acuerdo con la normativa vigente, se concluyó que se debían colocar soportes cada 1,80 m y que por la situación de las distintas instalaciones la mayoría de ellas no podrían ser descolgadas del techo como es habitual en obras de edificación, por lo que se optaría por una suportación de las mismas a suelo (soportes tipo pórtico y tipo árbol).

### Fase 2. Diseño y cálculo de la suportación.

La falta de regularidad en las secciones estudiadas hizo necesario el diseño de los soportes para cada una de estas, intentando obtener una solución lo más estandarizada posible para facilitar el montaje de la instalación. El cálculo de los soportes se realizó simultáneamente con el diseño de las mismas. El estudio incluye cálculo del carril, comprobación de las uniones y elección del anclaje del soporte al material base.

<sup>1</sup> Carlos Merino Agüero y Francisco Javier Rueda Merino, ICCP, ARUP. *Grandes avances en la ingeniería hacen un sueño realidad.* Ingeniería y Territorio n 77 año 2007.

Sección Pabellón Puentes con intersección de Pods 1, 2 y 3

En la metodología de trabajo de la oficina técnica de Hilti Española se incluye el uso de los distintos programas técnicos que Hilti dispone y que facilitan enormemente el cálculo de suportación de instalaciones. Gracias al programa de diseño de instalaciones **Hilti PIPERING**, se pueden obtener las cargas que aparecen en los soportes debidas a las distintas instalaciones tanto de fontanería como de conductos de ventilación y bandejas eléctricas. Los datos necesarios a introducir en el programa varían según el tipo de instalación.

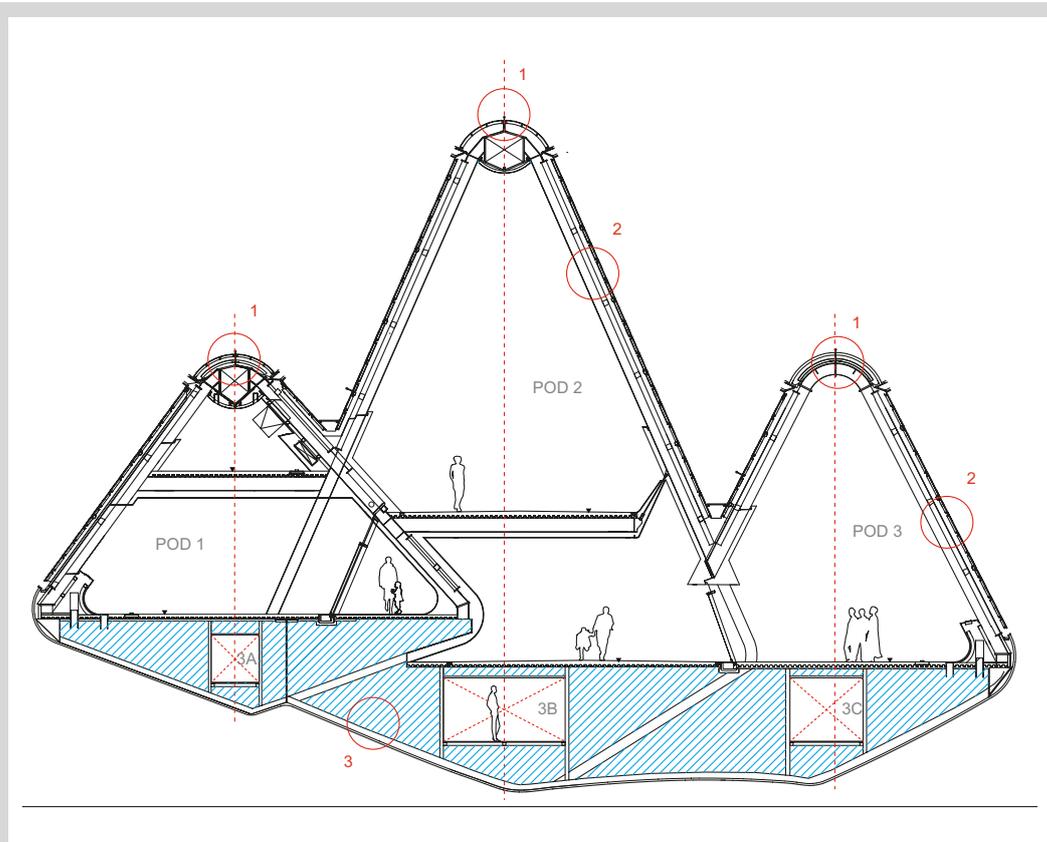
Una vez obtenidas las cargas debidas al peso de las instalaciones, exportamos esta información al programa de cálculo del carril, **Hilti CHANNEL**. Dicho programa verifica la validez del carril seleccionado, comprobando que las tensiones y flechas producidas por las cargas son menores que las admisibles del perfil. Del mismo modo obtenemos las reacciones en los puntos de apoyo del carril que serán los esfuerzos recibidos por las uniones.

Llegados a este punto debemos verificar que los elementos de unión seleccionados son capaces de soportar los esfuerzos que reciben. Esta comprobación se realiza comparando los esfuerzos obtenidos con el **Hilti CHANNEL** con los datos técnicos de las distintas piezas del sistema de instalación que aparecen en el manual técnico de instalación.

Fase 3. Anclaje del soporte al material base.

Una vez diseñada la suportación, el siguiente paso es la elección del anclaje a la estructura principal. El anclaje a utilizar depende tanto de las cargas obtenidas en cálculo anterior, como del material base al que se va a fijar el soporte.

El suelo de las galerías destinadas a las instalaciones está formado por una rejilla industrial apoyada sobre las costillas del puente. Estas costillas tienen una separación de 3,60 m. por lo que se añadía la



1. Arcos y cordones superiores; 2. Costillas y diagrid de fachada; 3. Tablero ortótropo y celosía inferior. 3A. Sección Pod 1 de instalación; 3B. Sección Pod 2 de instalación; 3C. Sección Pod 3 de instalación.

Legenda	Definición	Unidades
1	Soporte MQK-410/1000	1
2	Soporte MQK-410/300	3
3	Soporte MQK-210/300	1
4	Soporte MQK-210/450	1
5	Abraz. MP-M 212 (M16)	1
6	Abraz. MP-M 4" (M16)	2
7	Abraz. MP-H 2 1/2" (M10)	3
8	Abraz. MP-H 1 1/2" (M10)	1
9	Varilla ros. 2N M16 + Tuercas 2N M16 + Placa tuercas-abraz. MQA-M16 B	1
10	Varilla ros. 2N M10 + Tuercas 2N M10 + Placa tuercas-abraz. MQA-M10	6
11	Tuerca carril MQM-M12 + Tornillo 2N M12x30 + Arandela DN9021 M12	10

Legenda	Definición	Unidades
1	Soporte MQK-410/1000	1
2	Soporte MQK-410/300	1
3	Soporte MQK-210/300	1
4	Soporte MQK-410/300	1
5	Carril MQ-41	2 x 800 mm
6	Carril MQ-41/3	850 mm
7	Abraz. MP-M 201/214 (M16)	1
8	Abraz. MP-M 6" (M16)	3
9	Abraz. MP-M 133 (M10)	2
10	Abraz. MP-M 4" (M10)	1
11	Abraz. MP-H 2 1/2" (M10)	2
12	Abraz. MP-H 2" (M10)	2
13	Varilla ros. 2N M16 + Tuercas 2N M16 + Placa tuercas-abraz. MQA-M16 B	4
14	Varilla ros. 2N M10 + Tuercas 2N M10 + Placa tuercas-abraz. MQA-M10	7
15	Angular MQW-Q2 90°	6
16	Tuerca carril MQM-M12 + Tornillo 2N M12x30 + Arandela DN9021 M12	4

<b>HILTI</b> Oficina Técnica Hilti Española S.A. Avda. Fuente de la Mora 2, Edificio 1 28040 Madrid		CLIENTE: ACABADOS PABELLÓN PUENTE UTE DRAGADOS URSSA PROYECTO: PABELLÓN PUENTE EXPO ZARAGOZA 2008
Separación entre soportes 3.6 m Los tubos de DN = 75 necesitan soporte intermedio tipo 2 (según plano) La soldadura de sujeción a suelo deberá soportar las cargas generadas en la base del soporte		TITULO PLANO: Soportación Tuberías Sección 09 POD2 Escala: 1/1 Nº plano: 1 Fecha: 21/11/07 Modificado: Nº Plano modif: Fecha:

Fig. 4.1. Cálculo y diseño de suportaciones para la sección 09POD2.

dificultad de que al ser esta distancia superior a la distancia máxima recomendada entre soportes, no siempre sería posible hacer coincidir las fijaciones de los soportes a las costillas. Entonces ¿Cómo fijar el soporte en la rejilla?

La rejilla industrial no es adecuada para fijaciones soldadas. Su geometría, está formada por pletinas de acero galvanizado de gran canto y pequeño espesor. Esto hace que soldar no sea sencillo, ya que es complicado soldar en espesores reducidos y además sería necesario eliminar el galvanizado<sup>2</sup>.

Debido a lo anterior, Acabados Pabellón Puente UTE Dragados-URSSA definió como premisa que las soluciones de fijaciones en rejilla no podían estar soldadas. Tras analizar el portafolio de productos de fijación de Hilti, se planteó a la UTE la posibilidad de usar el **taco balancín Hilti MF-SKD M10/100**, que se colocaría desde la parte superior, en el suelo de la galería, sin necesidad de retirar la rejilla industrial, dando solución a todos los requerimientos.

## Ensayos in situ

Al no ser una solución estándar se realizaron ensayos *in situ* para determinar la resistencia a tracción del sistema estructural compuesto por el Hilti MF-SKD M10/100 y la rejilla. Estos ensayos se hicieron para el caso de carga más desfavorable, es decir, uno de los brazos solicitado, de modo que existiera momento flector en la base del soporte.

De todas las pruebas que se realizaron en el Pabellón Puente se pudo concluir que **la fijación con el taco balancín MF-SKD M10/100 es aceptable siempre y cuando se**

**puedan admitir las deformaciones generadas en la rejilla. No obstante, la Oficina Técnica de Hilti Española, S.A. recomendó disponer puntos adicionales de fijación a la estructura metálica en las zonas próximas donde irían apoyados los soportes en la rejilla industrial.** Esta fijación extra se realizaría con **la grapa de unión Hilti X-MGR**, compuesta de una pieza y que no necesita disparo ni acceso por debajo de la rejilla para ser colocada. De esta forma cada placa de rejilla quedará fijada a la estructura mediante seis grapas, rigidizando la solución.

## Conclusión

La Oficina Técnica de Hilti Española realizó el diseño y el cálculo

de los distintos soportes utilizando el sistema de carril Hilti MQ, que permitió un fácil premontaje en el exterior de la obra y una rápida colocación en la galería de instalaciones. De esta manera, cada una de las subcontratas sólo tuvieron que fijar sus instalaciones, ya sean tuberías o bandejas a los soportes colocados para tal fin (Ver figura 4).

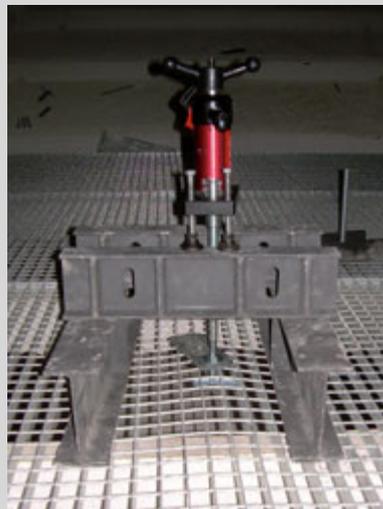
**Los sistemas de montaje Hilti permiten un diseño modular que proporciona soluciones innovadoras e individualizadas que se adecuan a distintas necesidades. Versatilidad y flexibilidad son unas de las ventajas del sistema de montaje Hilti MQ para acondicionar en un tiempo record a este singular edificio.**

Cabe destacar la importancia del software técnico de Hilti para el estudio de los soportes en proyectos de instalación, facilitando el diseño y optimizando el tiempo de cálculo. ■

## Datos de la obra

- Proyecto:** Pabellón Puente. Expo Zaragoza 2008
- Localización:** Zaragoza.
- Propiedad:** Expoagua 2008.
- Arquitecto:** Zaha Hadid Architects
- Ingeniería:** Ove Arup & Partners.
- Constructora:** UTE Dragados - URSSA
- Montaje:** Control y Montajes Industriales CYMI S.A.

## Ensayos in situ



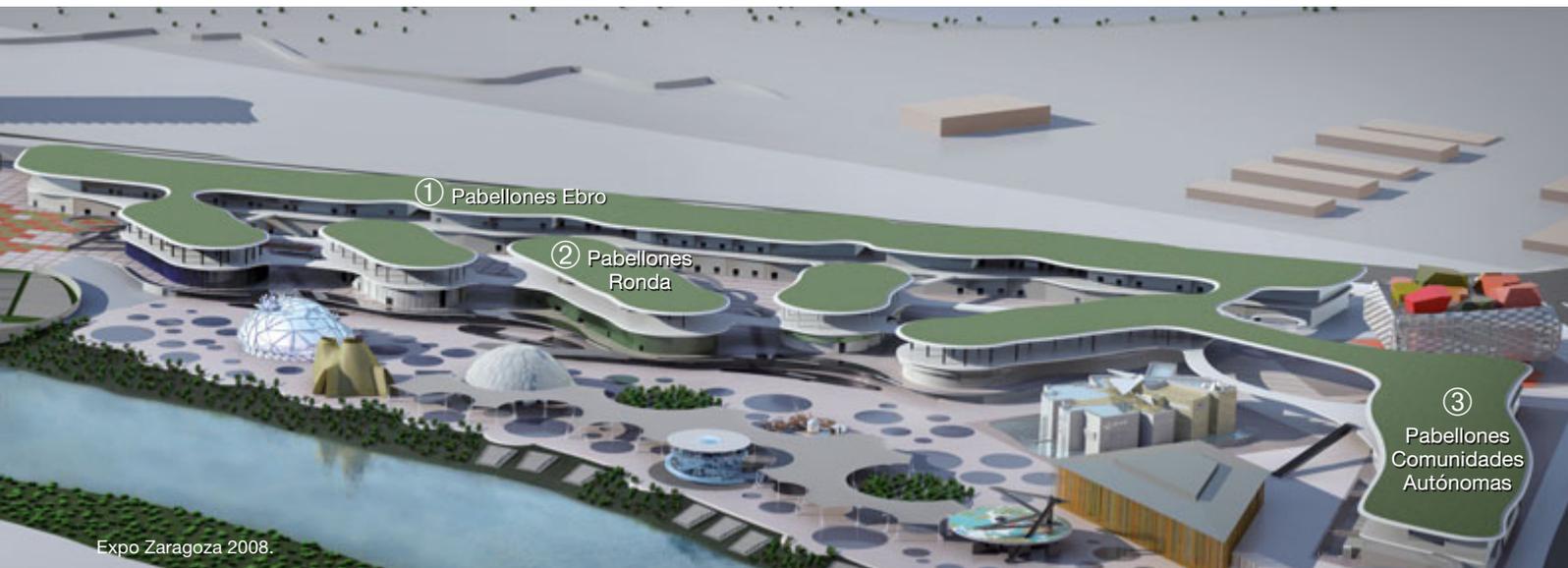
**Fig. 1. Primer Ensayo.** Se concluyó que la solución estaba restringida por la máxima deformación admisible de la rejilla industrial y no por la máxima reacción a tracción que puede soportar el taco balancín. A tracción se observó que se levantaba la rejilla apreciablemente sin deformación del anclaje.



**Fig. 2. Segundo Ensayo.** Como resultado del anterior ensayo se realizó un diseño de placa de mayor dimensión (300x300mm) y de esta manera, reducir la deformación. A ésta se soldaron perfiles para poder realizar la prueba de tracción a una altura de 50 mm, separada del eje 200 mm y en la zona más desfavorable del Pabellón Puente (sección 9POD2) para obtener una transmisión de esfuerzos lo más cercana a la realidad.

<sup>2</sup> En caso de no retirar esta capa de galvanizado, el proceso de soldadura genera sulfuro de zinc, tóxico para el operario y perjudicial para la soldadura puesto que generan poros en su interfaz.

# Expo Zaragoza 2008: versatilidad y rapidez en obra.



Expo Zaragoza 2008.

**Desde la designación de Zaragoza como sede de la Exposición Internacional de 2008, el compromiso medioambiental ha estado presente en todas las fases de este gran proyecto.**

**Movilizar a los ciudadanos a una mayor conciencia social frente a los problemas de sostenibilidad y desarrollo es el gran objetivo de esta muestra a nivel territorial, económico y social.**

Por **Antonio Cardo**, Ingeniero, Grandes Proyectos, Hilti Española, S.A.; **Simão Fonseca**, Ingeniero, Oficina Técnica, Hilti Española, S.A.

Agradecimientos: **Gorka Villelabeitia (UTE Eptisa- S.E.C.I., S.L.)**; **Miguel Ángel Sánchez y Manuel Soro (UTE Gleeds Ibérica S.A. -Inypsa- Intecsa Inarsa S.A.)**.

El recinto de la exposición internacional se sitúa en el meandro de Ranillas, rodeado por el cauce del río Ebro conformándose un interfaz entre agua y tierra. Dentro de este gran complejo destinado a acoger diferentes pabellones temáticos y espacios de ocio y cultura podemos distinguir la siguiente zonificación:

- Pabellones de Participantes: Ebro y Ronda.
- Pabellones temáticos.
- Plazas temáticas.
- Pabellones institucionales.

Como resultado de la reflexión acerca del futuro de este tipo de proyectos, se planteó como uno

de los objetivos clave el aprovechamiento "post-exposición". Es decir, tras la exposición ha comenzado un nuevo proyecto de remodelación de todo lo construido para adaptarlo a los usos futuros previstos de la ciudad, integrándose plenamente en Zaragoza en un tiempo limitado. Enmarcados en este proceso, los pabellones Ebro y Ronda se convertirán en el futuro Parque Empresarial, proyecto a cargo del Estudio Lamela y del Estudio Master de Ingeniería y Arquitectura.

Por otra parte se plantea un objetivo de sostenibilidad, requisito básico desde la fase de diseño del proyecto hasta su reconversión y

conjugar la exigencia en cuanto a plazos de ejecución, es así que en un tiempo récord de dos años y medio se han construido 150.000 m<sup>2</sup> de exposición.

## Liderazgo en soluciones versátiles.

El uso de la prefabricación es sin duda una de las razones que ha permitido la reducción del tiempo de ejecución, sobre todo en la fase de estructura. La utilización de forjados prefabricados de losa alveolar, solución común en grandes superficies, presenta notables ventajas desde el punto de vista estructural pero hace compleja la selección del anclaje debido a:

- El espesor del material base es reducido lo cual limita la transmisión de esfuerzos a éste.
- El anclaje sólo se puede fijar en ciertas zonas para no dañar el pretensado de la losa.

A raíz de esta situación, la Oficina Técnica de la Expo Zaragoza 2008 se puso en contacto con los técnicos de Hilti Española para definir la solución más adecuada para la fijación en las losas alveolares y agregando un tercer y cuarto condicionante fundamental:

- El anclaje seleccionado debía ser desmontable ya que los edificios de ocupación temporal pasarían por un proceso de desmontaje que permitirán habilitar el uso definitivo de estos pabellones, fase denominada Post-Expo.
- Integración en el sistema general de información de la Oficina técnica del CGC<sup>1</sup> de la Expo Zaragoza 2008. Este sistema permite una visión estructurada de toda

<sup>1</sup> Servicio de Control de Gestión de Construcción (CGC o Project Management de Cabecera).

la documentación, tanto de la información de producto como de los informes técnicos aportados por Hilti Española a la hora de gestionar las soluciones recomendadas en cada edificio.

**Campaña Experimental: la elección de la fijación más idónea.**

Para resolver con eficiencia, rapidez y seguridad la transmisión de información de las soluciones definidas para cada forjado fue necesario realizar un amplio estudio experimental a pie de obra para caracterizar el comportamiento mecánico de los elementos de fijación. Dicho estudio fue realizado por los equipos de **Grandes Proyectos y Oficina Técnica de Hilti Española.**

Previamente, la Oficina Técnica de la Expo Zaragoza 2008 definió tres niveles de acciones según los tipos de forjados de cara a facilitar la estandarización de la aplicación en función de los tipos de elementos a fijar.

Tras el estudio realizado por parte de Hilti Española, el tipo de anclaje seleccionado fue el **Hilti HUS** en sus versiones **HUS-H** y **HUS-A**. Este es un anclaje mecánico tipo tornillo que permite una transmisión de esfuerzos en materiales bases de espesores reducidos. Además, está especialmente recomendado para fijación de estructuras temporales pues

permite su desmontaje de manera sencilla y segura. Esto último fue determinante para la selección de este anclaje, pues una vez finalizada la exposición gran parte de los elementos fijados serán reemplazados por los definitivos para acondicionar los edificios a su nuevo uso.

La Oficina Técnica de Hilti Española tiene una dilatada experiencia en ensayos a pie de obra, lo que permite la definición de la capacidad de la fijación en condiciones específicas. Por ello, se procedió a ensayar los anclajes seleccionados en las diferentes tipologías de placa alveolar, con el objeto de determinar la carga recomendada que se podría garantizar.

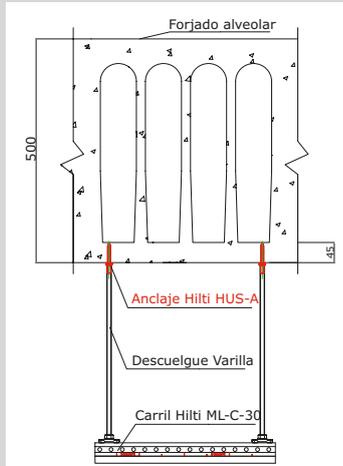
Con la información del fabricante de las losas alveolares, se definieron los casos más desfavorables. Se hicieron ensayos en los edificios de los pabellones Ebro y Ronda para dos tipos distintos de losa alveolar.

**Pabellones Ebro**

En los Pabellones Ebro se encuentran los edificios Montañas, Oasis, Africa Subsahariana, America Latina, Comunidad del Caribe.

En estos edificios, las placas alveolares tienen 500 mm de canto y un ancho típico de 1200 mm con alveolos separados 100 mm entre sí, estando situado el eje del primer alveolo a 110 mm del borde de la placa. El espesor mínimo de la placa bajo alveolo es de 45 mm (Ver figura 1 y 2).

**Hilti HUS-A**



**Fig. 2. Pabellón Ebro.** Aplicación de fijación para montaje de bandejas de instalación a placa alveolar tipo.

Los ensayos a tracción uniaxial se han realizado con los anclajes instalados en las zonas más desfavorables de las placas, es decir, en la dirección de los alveolos. Para ello se utilizó el equipo de ensayo **Hilti Tester Mark V<sup>2</sup>** que tiene una capacidad máxima de carga de 25 KN. Por otra parte, al estar las placas instaladas en su posición definitiva y en servicio, los ensayos debían ser no destructivos.

Se realizó una batería de ensayos para los anclajes Hilti HUS-H y Hilti HUS-A, con los siguientes resultados:

- Anclaje **HUS-H 10.5X65/5/15**. Se alcanzan cargas medias de 20 KN sin rotura de placa.
- Anclaje **HUS-A 7.5/60**. Se alcanzan cargas medias de 12 KN sin llegar a rotura de placa.

de la placa. El espesor mínimo de la placa bajo el alveolo es de 30 mm. Se trata de la placa alveolar más desfavorable ya que presenta el menor espesor bajo alveolo de todos los tipos de placas. Así, una vez garantizadas las cargas en este tipo de placa, se garantizan las cargas para el resto de tipologías, salvo la aparición de alguna otra irregularidad no prevista como podría ser la presencia cercana de juntas.

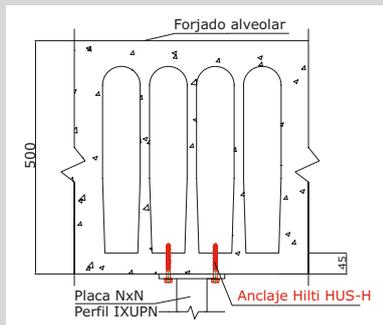
De la batería de ensayos propuesta, se obtuvieron los resultados:

- Anclaje **HUS-H 10.5X65/5/15**. Se alcanzan cargas medias de 12 KN sin rotura de placa.
- Anclaje **HUS-A 7.5/60**. Se alcanzan cargas medias de 12 KN sin llegar a rotura de placa.

**Resultados y conclusiones**

Los resultados en los dos tipos de placa alveolar y para las dos versiones de anclaje Hilti HUS son concluyentes en cuanto a la inexistencia de deformaciones en dichos anclajes durante los ensayos. En cuanto a cargas, los anclajes Hilti HUS permiten en estos casos transmitir esfuerzos de tracción de al menos 12 KN a las losas alveolares en espesores inferiores a 30 mm. Nótese que los ensayos se interrumpieron para evitar el riesgo de rotura en el material base. En consecuencia este valor de carga no representa la

**Hilti HUS-H**



**Fig. 1. Pabellón Ebro.** Aplicación de fijación estructura metálica a la placa alveolar tipo.

<sup>2</sup> Ver en el número 4 de esta revista el artículo "Equipo de Ensayo Hilti Tester Mark V".

resistencia del anclaje sino la resistencia del hormigón.

A partir de los resultados obtenidos en la campaña experimental se recomendaron cargas máximas de diseño según el nivel de cargas exigido por la Oficina Técnica de la Expo Zaragoza 2008. Por tratarse de una rotura del hormigón, luego frágil, esta recomendación se hizo a través de coeficientes de seguridad adaptados al presente caso recurriendo a datos provenientes de la experiencia de Hilti para casos similares.

**Los anclajes Hilti HUS-H y Hilti HUS-A una vez más, cumplen con los requerimientos exigidos en cuanto a flexibilidad y rapidez,**

**permitiendo un alto rendimiento en el montaje de este tipo de anclajes, además del valor añadido que supone la reutilización de estos. ■**

### Datos de la obra

**Proyecto:** Pabellones Ebro y Ronda

**Localización:** Zaragoza

**Propiedad:** Expo Zaragoza 2008

**Project local:** UTE Gleeds Ibérica S.A. –Inypsa– Intecsa Inarsa S.A.

**Contratista Fase 2.1:** UTE Ferrovial Agroman S.A. – Ocinsa

**Contratista Fase 2.2:** Acciona Infraestructuras

**Contratista Fase 2.3:** Constructora San José



Interior Pabellón Ebro: se pueden identificar las fijaciones temporales Hilti HUS-A (1) y Hilti HUS-H (2).

## Expo Zaragoza Empresarial

### Proyecto Post-Expo

Es un conjunto de actuaciones que va más lejos de la transformación de los pabellones participantes de Expo Zaragoza 2008 en un Centro Empresarial de primer nivel. Se mantendrán algunos usos de la fase Expo, como el Hotel Iberus, Acuario Fluvial y Palacio de Congresos, mientras que otras sufrirán adaptaciones para encajarlos en la vida de este nuevo punto central de la ciudad. Sin duda, la reconversión más importante la sufrirán los edificios que durante Expo Zaragoza 2008 contendrán los pabellones de los participantes de la misma, con tres fases diferenciadas que corresponden a los Edificios Ronda, Ebro y Actur.

### Reconversión de los Edificios de Participantes

La Sociedad Estatal EXPOAGUA Zaragoza 2008 ha adjudicado a la UTE formada por Estudio Lamela y Máster Ingeniería y Arquitectura la redacción del proyecto básico, proyecto de ejecución y estudio de seguridad y salud para la reconversión de los edificios utilizados por los Países Participantes y las Comunidades Autónomas durante la Expo Zaragoza del 2008, en un moderno parque empresarial, con un uso mixto entre oficinas y locales comerciales de servicios, ocio y restauración, que sin duda será un referente internacional de transformación urbanística.

### Propuesta constructiva: biclimático y flexible.

El desarrollo de los pabellones expositivos responde a las necesidades propias de los participantes durante la Expo 2008 de Zaragoza, pero en su fase inicial dichos pabellones fueron concebidos pensando en su posterior adaptación a la futura demanda de oficinas y usos comerciales complementarios en la Post-Expo. Las adaptaciones llevadas a cabo aumentarán la superficie edificada por encima de los 160.000 m<sup>2</sup>.

La propuesta para la reconversión de estos pabellones parte del aprovechamiento de la cimentación, el "esqueleto estructural", las cubiertas, núcleos de comunicación vertical, algunas instalaciones, etc. Asimismo, contempla la desaparición de todo lo efímero que esté relacionado con los participantes como son fachadas, pasarelas o rampas peatonales.

### Actuaciones

La Fase Post-Expo comprende dos grandes actuaciones estructurales diferenciadas: por un lado, una modificación sobre los forjados existentes a nivel de planta primera y planta cubierta; y por otro, la creación de dos nuevos forjados de estructura metálica, intercalados entre las plantas ya existentes. Ambas intervenciones ya fueron consideradas a la hora de realizar las edificaciones en la Fase Expo por lo que, tanto la cimentación como la estructura existentes se encuentran preparadas para la apertura y/o cierre de huecos en plantas existentes así como para incorporar las dos nuevas plantas.

Por otro lado, de las grandes fachadas efímeras de la fase Expo pasarán a unas fachadas tipo muro cortina con lamas de protección solar.

Respecto a los elementos de comunicación vertical e instalaciones mecánicas, la premisa principal es el aprovechamiento máximo de dichas instalaciones definidas en la Fase Expo para minimizar costes de inversión y actuaciones paralelas como perforaciones de forjados, y remodelación de áreas para implantación de nuevos equipos, entre otros.

De Proyecto "Post-Expo". Expo Zaragoza 2008.



Expo Zaragoza 2008.

# Anclajes de barras corrugadas a posteriori: modelos de cálculos.

**La conexión estructural entre elementos de hormigón armado ejecutados en diferentes fases es cada vez más frecuente, tanto en proyectos de obra civil como de edificación y muy particularmente en la conexión entre forjados y elementos perimetrales de cimentación como muros continuos, muros pantalla o pantallas de pilotes.**

Por **Alfonso González**, Ingeniero, Oficina Técnica, Hilti Española, S.A.

La conexión realizada con barras corrugadas *a posteriori* e instaladas con resina de alta adherencia proporciona fiabilidad en el diseño, sin perder de vista otros aspectos como la sencillez, reducción del tiempo de ejecución de la obra y costes, frente a otras soluciones tradicionales tales como dejar esperas embebidas en los armados de muros o pilotes.

En este artículo se desarrollan diferentes modelos de cálculo para el detalle de este tipo de conexiones simplemente apoyadas, discutiéndose las diferentes características e hipótesis a considerar.

El diseño de este tipo de uniones es un caso particular de conexión entre elementos de hormigón armado ejecutados en diferentes fases, tema ya tratado en el número 1 de esta revista<sup>1</sup>. El funcionamiento de la conexión está basado en la capacidad de las barras ancladas *a posteriori* para transmitir tracciones y/o cortantes entre las dos secciones. Su diseño se puede abordar de dos maneras diferentes:

## 1. Diseños basados en el comportamiento equivalente de barras corrugadas instaladas

***a posteriori* con resinas de alta adherencia y barras corrugadas *in situ*.** En este caso es posible diseñar según las reglas habituales del hormigón, siempre y cuando la resina empleada cumpla unas condiciones mínimas (Ver figura 1).

En el caso de barras *a posteriori* el anclaje deberá realizarse en prolongación recta dentro de la estructura o ser solapadas con la armadura existente en el elemento base. La longitud de anclaje es función directa de la adherencia que es posible desarrollar siendo necesario analizar la estructura de manera global de acuerdo a un modelo de bielas y tirantes.

Las características fundamentales de este modelo son:

- Gran profundidad de empotramiento de las barras en general.
- Esfuerzos elevados.
- Las barras únicamente trabajan a tracción. El cortante es recogido por la junta entre hormigones.
- Se desprecia la resistencia a tracción del hormigón.
- Se permiten distancias a borde y entre barras muy reducidas, estableciéndose los mínimos en  $2\phi$  o 30 mm al borde y  $5\phi$  entre ejes de barras.
- Se persigue anclar la máxima capacidad de la barra ( $A_s \cdot f_{yd}$ ), con lo que se consigue que el fallo asociado sea dúctil.

## 2. Diseños basados en el comportamiento de la barra corrugada instalada *a posteriori* como un anclaje.

Las barras de conexión trabajan como un anclaje químico *a posteriori* y deben calcularse según un método de cálculo de anclajes que evalúe la resistencia del material base (p.e. SOFA, Hilti CC)<sup>2</sup>.

Las características de este diseño son:

- Análisis local de la zona de anclaje.
- Profundidad menor de empotramiento respecto al diseño anterior.
- Esfuerzos más reducidos.
- Las barras trabajan tanto a tracción como a cortante.
- Es necesario tener en cuenta la resistencia a tracción del hormigón (rotura por cono de hormigón y por borde de hormigón posibles).
- Requerimientos geométricos más exigentes (distancias mínimas a borde y entre anclajes mayores).
- En este modelo es posible anclar únicamente la fuerza necesaria, si bien el modo de fallo

asociado puede ser frágil si no se llega a la plastificación del acero de la barra.

Existen dentro de los códigos estructurales de hormigón armado referencias no explícitas a la teoría de anclajes, como puede ser el denominado *efecto pasador* (Código Modelo CEB-FIB 1990 para hormigón estructural). Este efecto se basa en la capacidad de las barras de recoger esfuerzo cortante contra un borde.

Por otro lado, el comportamiento de anclajes *a posteriori* trabajando a cortante viene recogido en el Anexo C de la ETAG 001. En este documento se presenta un modelo de cálculo para estimar la resistencia de estos elementos, proponiéndose diferentes modos de fallo a cortante (acero, desconchamiento y rotura por borde)<sup>3</sup>.

## Teoría de corrugados

Este tipo de diseño es el recogido habitualmente por los códigos estructurales en artículos correspondientes al diseño de la zona de apoyo. Es posible, por tanto, el uso de una barra anclada *a posteriori* con resinas de alta adherencia para reproducir este modelo. Esta resina debe disponer de las homologaciones correspondientes para permitir un diseño con seguridad. La resina **Hilti HIT-RE 500** es una de las primeras resinas homologadas a nivel europeo para este uso.

<sup>1</sup> Ver en el número 1 de esta revista el artículo "Anclaje de barras corrugadas a posteriori".

<sup>2</sup> Métodos de cálculo de anclajes a posteriori:  
- Hilti SOFA: Solutions For Fastening.  
- Hilti CC: Concrete Capacity Method.

<sup>3</sup> ETAG 001: Guideline for European Technical Approval of Metal Anchors for Use in Concrete.  
Annex C: Design Methods for Anchorages.

**Figura 1. Propiedades exigibles a resina en el diseño de barras corrugadas a posteriori.**

- Propiedades similares al hormigón (alta resistencia a compresión pero baja a tracción).
- Resistencia (Pull-Out) mayor o similar que la de barras embebidas para la misma longitud de anclaje.
- Rigidez similar a la de barras embebidas.
- Resistencia a corrosión, fatiga o fuego.
- Permanencia de propiedades en el tiempo.

**Figura 2. Cuantías mínimas y máximas de armadura según el EC-2**

Mínimo y máximo armado longitudinal de vigas (EC-2 Art 5.4.2.1.1.)	
Armadura mínima en tracción (control fisuración) (1)	$A_{s\_inf,min} = 0,6 \cdot b \cdot d / f_{yk}$
Armadura mínima en tracción (control fisuración) (2)	$A_{s\_inf,min} \geq 0,0015 \cdot b \cdot d$
Armadura máxima (tracción o compresión)	$A_{s,max} = 0,04 \cdot A_c$
Armaduras de losas en las proximidades de apoyos (EC-2 Art 5.4.3.2.2.)	
Armadura mínima inferior (apoyo simple)	$A_{s\_inf,min} = 0,50 \cdot A_{s,cv}$
Tracción a resistir por armadura inferior	$F_t = V_{sd}$
Armadura de tracción correspondiente a $V_{sd}$	$A_{s\_inf,req} = F_t / f_{yd}$
Armadura superior por empotramiento parcial	$A_{s\_sup,req} = 0,25 \cdot A_{s,cv}$
Área mínima de armaduras por control E.L.S. (EC-2 4.4.2.2.)	
Armadura mínima inferior (apoyo simple)	$A_{s\_fis,min} = k_c \cdot k \cdot f_{ct,ef} \cdot A_{ct} / s_s$
con	
$f_{ctk0,95}$ : Resistencia característica a tracción (fractil 95%)	$k$ : Coeficiente de tensiones no uniformes
$f_{ct,ef}$ : Resistencia efectiva a tracción	$A_{ct}$ : Área de hormigón en zona de tracción
$k_c$ : Coeficiente de distribución de tensiones	$s_s$ : Tensión máxima permitida en armadura tras fisuración

El primer paso es la estimación de las cuantías mínimas necesarias a anclar en la zona de apoyo para la correcta transmisión de esfuerzos y garantizar el correcto funcionamiento de la junta. En general esta cuantía dependerá de:

1. Esfuerzos (cortante a transmitir).
2. Cuantías mínimas (geométricas, control de figuración).
3. Cuantías mínimas por control de E.L.S.

Los valores de estas cuantías están definidos en los articulados de la norma de hormigón estructural correspondiente. En la figura 2 se indican los valores recogidos en el EC-2.

Estas cuantías determinadas deben ser ancladas en el elemento de hormigón ya ejecutado (muro/pantalla de pilotes), determinando el número de barras y diámetro necesario.

Por último, se calcula la longitud de anclaje de la barra siguiendo la norma correspondiente para garantizar la plastificación de la sección de acero. Para ello es fundamental la determinación del punto a partir del cual la barra se encuentra en una zona comprimida (incidencia de biela de compresión), siendo el anclaje efectivo (Ver figura 3).

El uso de una resina homologada permite el cálculo de una longitud de anclaje en prolongación recta al menos igual que la reflejada en cualquier código de hormigón para barras en condiciones de buena adherencia.

Los valores de adherencia recogidos en la homologación están muy penalizados al asumir condiciones de ejecución muy exigentes.

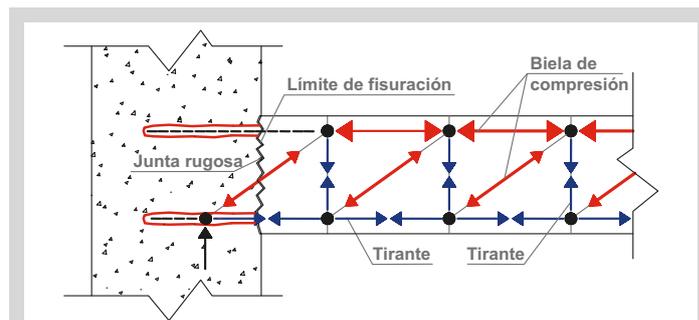
**El uso de la resina Hilti HIT-RE 500 o Hilti HIT-HY 150 permite reducir la longitud de anclaje de una barra a posteriori frente a una embebida siempre y cuando las condiciones geométricas de distancias entre barras y a borde lo permitan.** Esta reducción, al aumentar las tensiones de adherencia entre barra corrugada y material base, requiere un control específico del hormigón (fallo por *splitting*). Siguiendo otros modelos contrastados de anclaje de barras, por ejemplo basado en ACI 318, que asumen valores de adherencia más altos y que diferencian fallos de *pull-out* y *splitting*, es posible calcular la longitud mínima necesaria para anclar un determinado esfuerzo. Adicionalmente es necesario garantizar que las condiciones de ejecución se respetan, poniendo especial aten-

ción en el proceso de limpieza del taladro e inyección.

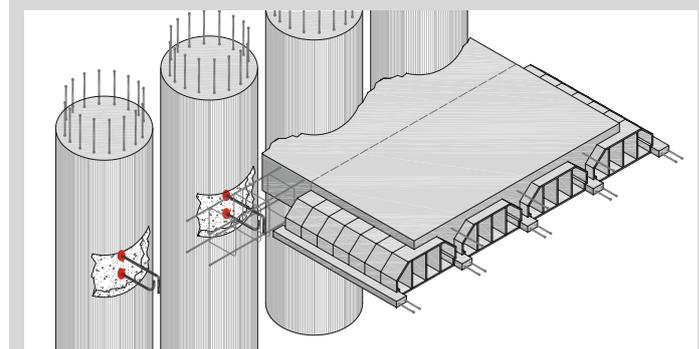
Por otro lado, cabe indicar que existen otros métodos de diseño para la transmisión de cortante siguiendo teoría de corrugados recogidos en los diferentes articulados de Códigos de Hormigón Armado,

como puede ser el modelo de transmisión por corte fricción<sup>4</sup>.

El enfoque consiste en que a medida que comienza a producirse un desplazamiento a lo largo de la junta, la rugosidad de las superficies obliga a las caras opuestas a separarse. Esta separación es



**Figura 3.** Anclaje de barra inferior efectivo a partir del punto de incidencia de la biela de compresión.



**Detalle.** Conexiones pilote forjado, bovedilla.

resistida por medio de una armadura dispuesta de tal manera que cose la junta, y genera una reacción de compresión que aumenta el rozamiento.

**Teoría de anclajes**

Si se opta por un diseño siguiendo la teoría de anclajes, el primer paso es determinar los esfuerzos actuantes en la conexión. Si bien para elementos suficientemente rígidos el único esfuerzo podría ser el cortante, en general en la conexión existirán asimismo momentos flectores, debido a cierta excentricidad del cortante (Figura 4).

Como consecuencia de la teoría de anclajes, este modelo tiene en consideración la resistencia del material base. Por tanto, los modos de fallo a analizar son los siguientes:

**TRACCIÓN**

1. Rotura de acero.
2. Rotura por cono de hormigón.
3. Rotura por *splitting*.
4. Fallo por adherencia.

**CORTANTE**

1. Rotura de acero.
2. Rotura por desconchamiento (*Pry out*).
3. Rotura por borde de hormigón

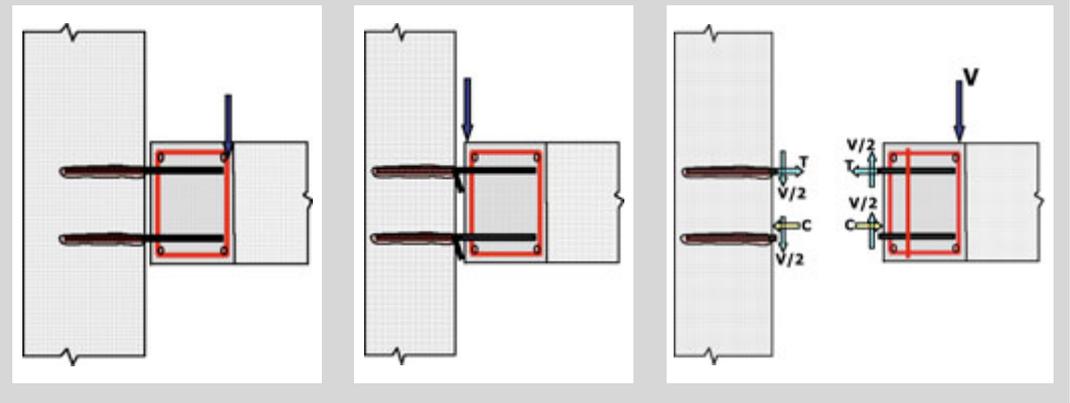
**CARGA COMBINADA**

1. Tracción + Cortante

La junta entre hormigones se ha supuesto lisa y toda la carga debe ser resistida por las barras, considerando que estas forman un sistema de anclaje en sentido amplio. Es necesario estimar tanto la resistencia de la propia barra (fallo de acero) como del material base donde se ancla (fallo de hormigón).

**Figura 4.** Una propuesta de modelo para la conexión de forjados a muros puede ser la siguiente: el forjado apoya directamente sobre una viga perimetral diseñada para comportarse de manera rígida. Se supone que este apoyo se materializa a una distancia estimada de 0.75 veces el ancho de la viga perimetral, la distancia se basa en una relación similar a la que encontraríamos para ménsula corta, lo que induce un momento torsor en esta viga (es necesario tener en cuenta este hecho a la hora de armarla) y un flector en la conexión, con la correspondiente tracción en las barras superiores.

Adicionalmente a las tracciones que estas barras recogen se considera que tanto las barras superiores como las inferiores, si las hubiese, recogerían cortante. Es posible asumir que las barras superiores de la conexión son capaces de recoger la totalidad del este esfuerzo y únicamente en el caso de que no sea posible recogerlo con las barras superiores se deberá incluir una fila de barras inferiores considerando la mitad de la carga para cada fila de corrugados.

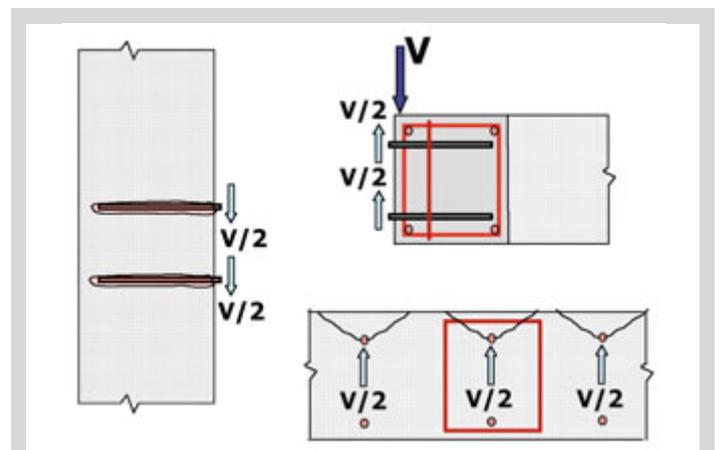


Adicionalmente es necesaria la comprobación de la resistencia de la conexión en el anclaje a la viga perimetral, debida a la reacción de cortante. Puede ser el punto débil de la conexión debido a la proximidad de borde (Ver figura 5).

**Conclusiones**

Existen varios modelos posibles para realizar el diseño del apoyo de un elemento en otro, desde modelos monolíticos en hormigón armado hasta modelos basados en la teoría de anclajes, con menor grado de continuidad. La transición entre uno y otro depende no sólo de la longitud de anclaje, si no de parámetros que afectan a la propia junta, como puede ser el rozamiento.

**El uso de resinas de alta adherencia para anclaje de barras corrugadas a posteriori es una buena opción para ejecutar conexiones entre hormigones permitiendo reproducir detalles de armado similares a los contemplados en los códigos, como demuestra su aplicación en importantes obras como, por ejemplo, la conexión de las ménsulas de apoyo de las losas de**



**Figura 5.** Comprobación de Rotura por borde de hormigón en viga perimetral.

rodadura en el proyecto del By Pass Sur de la M30.<sup>5</sup>

Su uso no obstante requiere del control sobre el producto. La homologación para su uso con barras corrugadas es una garantía del nivel de adherencia que sean capaces de desarrollar. No debe olvidarse, por su-

puesto, la importancia de una ejecución conforme a las especificaciones del fabricante.

En el caso de Hilti, dos son las resinas adecuadas para su uso con barras corrugadas instaladas a posteriori: **Hilti HIT-RE 500** y **Hilti HIT-HY 150**. Para más información respecto a estos productos consulte con la Oficina Técnica de Hilti o visite la librería técnica en nuestra página web [www.hilti.es](http://www.hilti.es).

<sup>5</sup> Ver en el número 4 de esta revista el artículo "Detalles de una conexión singular".

<sup>4</sup> • Artículo 47º Estado Límite de Agotamiento por esfuerzo rasante en juntas entre hormigones. EHE. Instrucción de Hormigón Estructural.  
• Artículo 4.5.3.3 Resistencia de cálculo a cortante. (103). EC-2.  
• Artículo 11.7 Shear-Friction BUILDING CODE REQUIREMENTS FOR STRUCTURAL CONCRETE AND COMMENTARY (ACI 318).

# Expo Zaragoza 2008: Agua y Desarrollo Sostenible. Eficacia y eficiencia de un modelo de gestión innovador.



D. Eduardo Ruiz de Temiño,  
Director General de  
Construcción de la Expo  
Zaragoza 2008.

**Se trata del desarrollo de uno de los proyectos más ambiciosos realizados hasta el momento tanto a nivel de diseño como en tecnología. No sólo se trata de la transformación urbana de Zaragoza sino que es el ejercicio más completo de un nuevo concepto de gestión integrado de proyectos desarrollado por la Dirección General de Construcción de la Expo. Entrevistamos a D. Eduardo Ruiz de Temiño, Director General de Construcción de la Expo 2008 con el objeto de reflexionar acerca de los puntos clave de este modelo, sus retos y dificultades.**

## Retos iniciales del proyecto: un antes, un presente y un después.

**¿Cuáles han sido los principales retos del proyecto en cuanto a nivel técnico y de plazos?**

El reto al que se enfrenta la Dirección General de Construcción (DGC) de la Sociedad Expogagua

Zaragoza 2008 S.A. se divide en tres objetivos fundamentales:

- Proveer edificios, infraestructuras y espacios públicos que posibiliten el éxito de la operación de la Expo.
- Optimizar el valor añadido de los activos de la Sociedad, pensando en el día después de la Expo.
- Dejar un legado urbanístico de referencia en el Meandro de

Ranillas para la Zaragoza del siglo XXI.

Dicho reto supone:

- 832 Millones de € de Presupuesto de Construcción.
- 86 proyectos diferentes
- 390.000 m<sup>2</sup> de superficie construida
- 1.500.000 m<sup>2</sup> de superficie urbanizada

- 160.000 m<sup>2</sup> de superficie construida en el parque empresarial después de la Expo

La envergadura del trabajo a realizar no se visualiza completamente sin enmarcarla en el plazo que hay para ejecutarlo: inicio de obra (19/12/05) y fin de ésta (12/06/08), es decir, menos de 30 meses de plazo.

Para cumplir con su misión, se ha de organizar una estructura de nueva planta, que ha de dar respuesta a los condicionantes específicos del proyecto, sin olvidar las especiales circunstancias de volumen presupuestario y plazo disponible en el que se sitúa el proyecto, así como la coyuntura del mercado en el momento de la ejecución de las obras.



eNVUELO, S.L.

Vista aérea anterior a las obras (abril, 2006).



eNVUELO, S.L.

Vista aérea del proyecto Expo Zaragoza 2008 finalizado.

**De forma sintética, el proyecto ha consistido en diseñar y construir en un tiempo record una serie de edificios, espacios públicos y obras civiles sobre una superficie sin urbanizar y sin ningún tipo de infraestructura previa:** un meandro fluvial donde durante siglos la única actividad ha sido la explotación de la huerta de ribera.

La inversión ha sido enorme, ha habido muy poco tiempo y se han necesitado, por tanto, casi doscientos profesionales experimentados y de primer nivel. La coyuntura del mercado de la construcción en el año 2005 es tal que la demanda de profesionales supera con creces la oferta. Este es un condicionante esencial a la hora de tomar decisiones sobre cómo dotarse de profesionales para un proyecto como el de la Expo. Si se tiene en cuenta que el trabajo que se ofrece tiene un horizonte temporal absolutamente acotado y que además, la Sociedad está recién creada y no dispone aún de resortes eficientes en cuanto a políticas de personal y de gestión de los recursos humanos, parece claro que fichar muchos profesionales de primera po-

dría llegar a ocurrir demasiado tarde, o nunca.

### **Estructura organizativa: enfrentar el desafío con compromiso.**

**La envergadura de este gran proyecto deparaba una serie de dificultades siendo clave el finalizar a tiempo. Entonces una vez definidos los objetivos surge el concepto de la estructura organizativa. ¿Cómo surge esta estructura?**

Las cuatro áreas productivas verticales necesarias surgen de forma natural: Área de Proyectos, Área de Edificación, Área de Infraestructuras y Área de Obras Especiales. La primera es la encargada de recoger las necesidades y prescripciones del Cliente interno (DG Operaciones y Contenidos) y trasladarlo a los diseños y proyectos que deben ser construidos. El resto de áreas se encargan cada una de ellas de llevar a término las obras. El Área de Edificación agrupa todas las obras ‘verticales’ (esto es los edificios), el Área de Infraes-

tructuras todas las obras ‘horizontales’, esto es toda la urbanización y parques que circundan a los edificios. El Área de Obras Especiales agrupa los casos de obras singulares que incorpora la propia Expo y que, por las características de las mismas, no encajan en ninguna de las dos ‘especialidades’ clásicas (edificación y urbanización), siendo estas obras de perfil más cercano a la Obra Civil clásica: el Pabellón Puente, el Canal de Aguas Bravas y el Azud del Ebro.

Una vez fijadas las Áreas productivas, se hace necesario el establecimiento de unos servicios transversales a todas ellas y que, precisamente por este marcado carácter transversal, no pueden sino depender directamente del Director General de Construcción, lo que garantiza la neutralidad respecto a cada una de las Áreas productivas. Dichos servicios también son cuatro: Servicio de Control de Gestión de Construcción (CGC, o “Project Management de Cabecera”), Servicio de Instalaciones, Servicio de Calidad y Medio Ambiente y Servicio de Seguridad y Salud.

La necesidad de establecer estos servicios transversalmente a las Áreas productivas se justifica en tres razones fundamentales: se logran importantes economías de escala frente a la alternativa que sería el que cada Área contase con servicios independientes de la misma especialidad, la calidad del servicio prestado debe ser independiente de los intereses particulares de cada Área y, finalmente, los objetivos de cada uno de los servicios deben fijarse de forma global y no vinculados a cada una de las Áreas.

Los responsables y equipos de cada uno de los Servicios han sido contratados directamente por EXPO-AGUA, a excepción del primero, el CGC o Project Management de Cabecera que ha sido contratado como un servicio externo de apoyo a las Áreas de la DGC y a su Director General.

Fruto de todos los condicionantes organizativos internos antes expuestos, se optó por una organización de tipo matricial con cuatro Áreas Productivas o verticales y cuatro Servicios Transversales. (Ver Cuadro 1).



dicciones contrarias a los colaboradores del escalón inferior. A pesar de este riesgo, se opta por esta estructura dada la imperiosa necesidad de “coser” los intereses de las Áreas con el objetivo común y superior de la DGC.

La información manejada y generada por cada Gestor de Construcción Local (GCL) y cada Área, es básico que sea recogida y aglutinada y se logre una visión de conjunto que permita articular la toma de decisiones óptimas para la Sociedad en cada momento del proceso. Esta es la misión fundamental del Servicio de Control de Gestión de Construcción: lograr tener una visión global imprescindible para poder valorar en todo momento el nivel de cumplimiento del objetivo final, que, en definitiva no es otro que poder inaugurar la Exposición Internacional el 14 de junio de 2008 cumpliendo con el presupuesto aprobado.

Así, los eslabones o pasos esenciales en los que el Project Manager de Cabecera debe aportar valor a la organización son:

- *Administrar la información*, articulando los procesos mediante la elaboración de los procedimientos esenciales que permitan a la organización relacionar a los

equipos entre sí, establecer los métodos y formatos para generar la información de forma que esta sea agregable y controlar el proceso de generación de información en su conjunto.

- *Integrar la información*, ensamblando y poniendo en relación los distintos grupos de información, estableciendo las plataformas necesarias para su recopilación, detectando las interacciones entre grupos aislados y logrando de esta forma una visión del conjunto partiendo de las visiones parciales de cada GCL.
- *Producir nueva información* de síntesis, analizando y completando la procedente de la integración anterior y generando informes de situación y de riesgos, así como planes de acción ordenados por prioridades respecto a los plazos, los costes y la calidad.

**En el artículo Aplicaciones Técnicas 1 de este número se hace referencia a la interacción entre la Oficina Técnica del Servicio de Control de Gestión y los departamentos técnicos externos, en este caso el equipo técnico de Hilti Española, como proveedor de un producto y de una solución técnica de alto nivel. ¿Podría comentarnos las funciones clave de la Oficina Técnica?**

Integrados en el Servicio de CGC y como soporte esencial para desempeñar adecuadamente las tareas encomendadas al CGC, se encuentran la Oficina Técnica y el Sistema General de Información de la DGC.

En la fase de redacción de proyecto, la Oficina Técnica ha procedido a la revisión técnica de los proyectos presentados por los equipos redactores. En este proceso de revisión prima el garantizar que los diseños cumplan con la normativa vigente, así como especialmente el detectar de forma temprana posibles incidencias y riesgos en obra para su corrección

previa. Es en esta fase donde la Oficina Técnica del CGC aporta un valor (Value Engineering) primordial en la garantía de cumplimiento de plazos y costes, así como para garantizar la compatibilidad con la fase Post-Expo.

Igualmente da soporte dentro del Servicio de Control de Gestión a las labores de coordinación con las administraciones y obtención de licencias de obra así como las distintas gestiones derivadas de las modificaciones de los proyectos conforme a los análisis efectuados por ella.

**Gestión de documentación, eficiente e integral.**

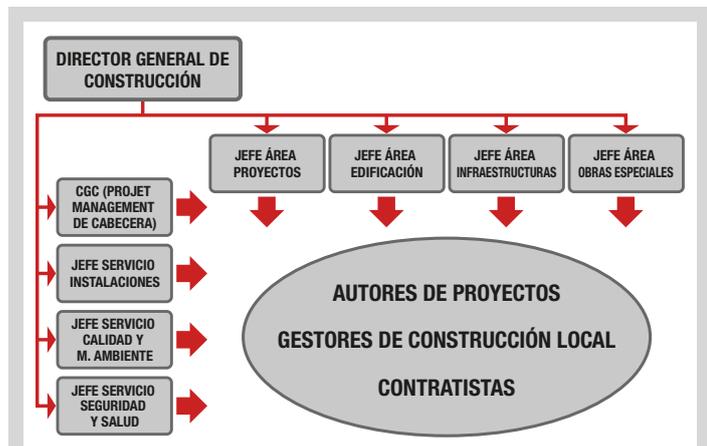
**¿Cuál ha sido la importancia de la gestión de toda la documentación generada en este proyecto?**

En una obra necesariamente tan fragmentada por razones de plazo, la documentación generada a lo largo de los distintos procesos se multiplica hasta límites en que puede llegar a ser inviable su manejo y su gestión. La tecnología actual permite además disponer de un gran volumen de información en cada uno de los contratos, desde sus fases de diseño hasta las de ejecución y liquidación. **Disponer de la información que se necesita en cada momento, en el menor tiempo posible y con la garantía de su integridad e idoneidad es, evidentemente, la piedra angular de cualquier sistema de gestión eficiente.** Este convencimiento es el que ha llevado a implantar un modelo de gestión de información basado en la coordinación de diferentes herramientas de gestión potentes y especializadas en cada tipo de información a tratar: planificación, costes, documentos, planos...

Actualmente este sistema de gestión tiene indexados más de 30.500 registros, formados cada uno de ellos por las distintas versiones de

**Como responsable de la implantación de esta organización matricial, respuesta a una necesidad de administrar, integrar y producir: ¿Qué riesgos se asumen y cuáles son los pasos esenciales que debía aportar el servicio de control?**

Los inconvenientes de una estructura matricial consisten en que puede diluirse la responsabilidad en situaciones concretas, al poder coincidir dos opiniones sobre un mismo asunto, pudiendo llegar in-



**Cuadro 1.** Estructura de la Dirección General de Construcción de Expo Zaragoza 2008.

# La Opinión del Experto

Página 16

los proyectos y agrupaciones de documentos allí recogidos.

**Entonces, ante la complejidad en número, tipo de información tanto en fase previa de obra como en fase de obra, se tendría que cumplir con el concepto de anticipación al riesgo. En esto es crucial el control de la información y la coordinación y auditoría de ésta. ¿Podría comentarnos más detalles del sistema de gestión adoptado?**

Dentro de la Dirección General de Construcción se ha implantado el Gestor Documental Hummingbird, que permite el archivo estructurado de un volumen ingente de información, dotándolo de una estructura funcional y de codificación, que permite un acceso inmediato a la misma.

La estructuración según las codificaciones funcionales establecidas, así como los vínculos y motores de búsqueda que posee la aplicación, han permitido el archivo, gestión y localización desde proyectos completos en sus distintas fases hasta actas de reunión con sus vínculos dinámicos a los documentos mencionados, certificaciones, informes, pliegos, contratos, certificados, ensayos y un sinfín de documentos técnicos, administrativos y de gestión accesibles desde cualquier puesto de trabajo autorizado, de forma inmediata. Las potentes herramientas de búsqueda permiten acceder a la información desde numerosos puntos de partida, desde el propio buscador específico, hasta vínculos entre los propios documentos, pasando por agrupaciones de información, búsquedas temáticas, de áreas, etc.

Toda esta información se ha vinculado igualmente con la tecnología GIS de ESRI lo que ha permitido implementar la versatilidad de las funciones de esta herramienta para una mayor capacidad de gestión de la información, mediante representaciones en mapas temáticos, consultas gráficas, etc., que la hacen accesible a personal no necesariamente técnico, por su

dinamismo y capacidad de intercambio.

Por otro lado la documentación generada en los motores Primavera (control de plazos), Presto (control de presupuestos y mediciones) y Control de Costes (aplicaciones específicas) ha sido incorporada al Gestor Documental al mismo tiempo que se ha implantado la tecnología Google para las búsquedas en todo el conjunto del servidor documental, Gestor Documental, bases de datos, páginas web, etc.

## Coordinación eficaz y dinámica

**¿Cuáles fueron los objetivos y responsabilidades en la coordinación para llevar a cabo los proyectos y fases de ejecución de las diferentes obras de la Expo Zaragoza 2008?**

Una de las claves fundamentales para acometer una actuación como la Exposición Internacional de Zaragoza 2008, es precisamente el asumir la imperativa necesidad de desagregación del conjunto en procesos menores, de tal forma que se pueda materializar el objetivo fundamental de acortar plazos en cualquier proceso: solapar actividades mediante la coordinación efectiva de las mismas.

Esta coordinación comenzó ya con una intervención en la fase embrionaria de redacción del proyecto, estableciendo la variable tiempo como un condicionante irrenunciable del propio diseño. Igualmente en la fase de obra la reducción de plazos ha supuesto modificaciones que han afectado a consideraciones estéticas y funcionales de algunos edificios. En esta fase la labor de coordinación de todos los agentes se convierte en una de las funciones más importantes a garantizar en el proceso.

**Y es que es el efectivo y coordinado engranaje de cientos de profesionales lo que ha hecho viable llegar hasta donde hemos llegado y garantizar el éxito que esta Expo ha sido, sobreviviendo**

**a las grandes dificultades que este objetivo entraña.**

De este modo el éxito de esta aventura que ha sido la Expo se ha debido al trabajo en paralelo de este gran grupo humano, con una coordinación eficaz y dinámica, lo que ha permitido el avance efectivo de las obras a los ritmos que este reto nos exigía.

**En un proyecto con tanto volumen de obra en ejecución a la vez ¿Cuál ha sido el proceso de resolución de conflictos entre las diferentes unidades de obra?**

La problemática de la gestión de las incidencias en obra radica en la dificultad de determinación de las soluciones óptimas a los problemas surgidos. Y no se trata de una problemática meramente técnica sino más bien de la capacidad de determinación de las soluciones individuales de cada obra que deben repercutir en el óptimo global del conjunto. Se han presentado casos muy representativos de esta problemática entre las obras de edificación y las propiamente de urbanización; sólo la priorización coordinada de ambas en cada momento ha permitido garantizar el éxito, el cual no se produciría si sólo la edificación alcanzara su objetivo sin la urbanización o viceversa. Ha sido una visión de conjunto, más allá de la propia de cada una de las obras, la que ha permitido establecer estas prioridades y coordinar y dirigir a las propias di-

recciones de obra. Tal vez ésta se ha presentado como la mayor dificultad en cada momento de la obra, y ha sido requerido un conocimiento profundo de la realidad de las distintas obras para poder tomar perspectiva del conjunto y tomar las decisiones adecuadas y orientadas al cumplimiento global del reto que ha sido la construcción de la Expo Zaragoza 2008.

Así el proceso de resolución de estas incidencias debe garantizar en un primer momento un conocimiento de detalle del problema, el cual es aportado principalmente por los Gestores de Construcción Locales que mantienen un contacto diario y continuo con la obra. Es su análisis el primero que se hace llegar, de forma simultánea, tanto a los Jefes de Área correspondientes como al Servicio de Control de Gestión de Construcción que, en coordinación con el resto de Gestores Locales y Jefes de Área, tienen un conocimiento global y de conjunto de las obras. La Oficina Técnica se revela en esta fase como crítica para poder integrar toda esta información y analizarla en su conjunto.

**El interés del conjunto de las obras casi nunca coincide con los intereses instantáneos de cada una de ellas y es sólo ese objetivo global el que nos ha permitido llegar a cumplir el reto maravilloso que ha sido esta Exposición Internacional de Zaragoza 2008. ■**

### D. Eduardo Ruiz de Temiño Bravo

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, especialidad en Hidráulica y Energética por la Universidad Politécnica de Madrid. Posgraduado en Dirección de Empresas por Escuela Internacional de Negocios CESTE.

Desde marzo de 2005, se desempeña como Director General de Construcción bajo la dependencia del presidente de la Sociedad Estatal Expoagua Zaragoza 2008 S.A. Las funciones encomendadas son las de proyectar y construir en plazo y con el presupuesto aprobado por los órganos de gobierno de la sociedad, las infraestructuras, instalaciones y edificios necesarios para la celebración de la Exposición Internacional, así como el mantenimiento de los mismos durante el periodo que ésta se desarrolle.

Entre las actividades que podríamos destacar de su desarrollo profesional, se encuentran:

- 1981 – 1984 Centrales Térmicas de Hidroeléctrica Española.
- 1984 – 1990 FCC
- 1990 – 2005 COPISA (Constructora Pirenaica S.A.)

# Hilti CP 672

## Sistema de protección contra el Fuego para muro cortina.

Una alternativa innovadora.

La proliferación de las fachadas ligeras como sistema de cerramiento exterior en edificación, junto con el acontecimiento reciente en nuestro entorno próximo de siniestros provocados por el fuego, comienza a suscitar interés acerca de la eficacia de las medidas tradicionales de protección contra el fuego con las que se dota a este tipo de elementos constructivos.



El sellador proyectable Hilti CP 672 es un sistema elástico de protección contra el fuego, ensayado y homologado y especialmente desarrollado para aplicaciones de sellado relacionadas con cerramientos tipo muro cortina. Consiste en la proyección de un sellador de tipo elástico, sobre un relleno de lana mineral, que se adapta a la deformación sufrida por la junta, en caso de incendio, causa principal del fallo de los sistemas de protección tradicionales. Hilti CP 672 es el sistema de más rápida instalación existente en el mercado.

**Los sistemas tradicionales pueden hacer peligrar tanto vidas como bienes materiales.**

La deformación sufrida por la junta, como consecuencia del elevado incremento de la tempe-

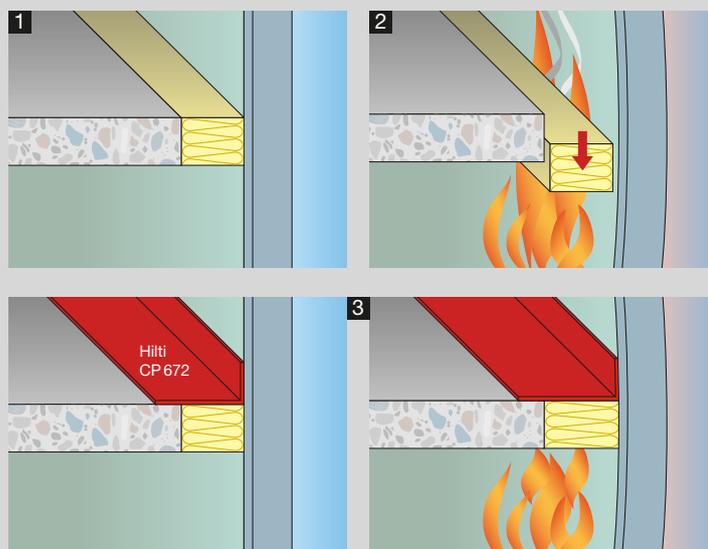
ratura, puede provocar el "fallo" de las medidas tradicionales de protección contra el fuego (1).

Bajo condiciones de calor extremo, los cerramientos de fachada se deforman provocando el fallo del sistema de protección tradicional (2). El humo, principal causa de muerte en caso de incendio, se propaga rápidamente hacia las plantas superiores. Además, las llamas se desarrollan verticalmente a gran velocidad.

No todas las juntas de un edificio se comportan de la misma forma durante la vida de su estructura o durante el desarrollo de un incendio. Y la mayoría de los protocolos de ensayo no consideran aspectos relevantes y específicos de los muros cortinas, que condicionan la adecuada respuesta de un sellado en caso necesario.

**Seguridad como consecuencia de la elasticidad.**

Gracias a su capacidad de deformación (3) el sellador Hilti CP 672 soporta, en caso de incendio, significativos movimientos relativos entre el canto de un forjado y el cerramiento de fachada. Con este innovador sistema, Hilti ofrece la mejor solución de protección pasiva contra el fuego de su categoría, garantizando con ella el cumplimiento de la legislación vigente en materia de protección contra incendios, así como la disponibilidad de las preceptivas homologaciones. ■



Además de garantizar la resistencia al fuego requerida, los sistemas Hilti de protección pasiva contra el fuego, ensayados y homologados de acuerdo a la normativa nacional vigente, responden a los actuales requerimientos de ingeniería.



### Ensayado y homologado internacionalmente

British Standard  
BS 476

CLASSIFIED  
cULus  
FILL, VOID OR CAVITY MATERIAL  
FOR USE IN JOINT SYSTEMS AND  
PERIMETER FIRE CONTAINMENT  
SYSTEMS  
SEE UL FIRE RESISTANCE DIRECTORY  
6917

FM  
APPROVED

EN 1364-4\*  
\* En proceso de obtención.

# Garantía total en las conexiones de corrugados a posteriori.

## Nueva DITE 08/105 para Hilti HIT-RE 500

La nueva homologación Europea, DITE 08/105 “Sistema de inyección Hilti HIT-RE 500 para conexiones de corrugados a posteriori” supone un paso más en la apuesta de Hilti de proveer herramientas óptimas a los profesionales de la construcción conforme a los más exigentes criterios técnicos aportando a su vez flexibilidad para ajustarse a los nuevos procesos constructivos.

Habituales para el caso de anclajes metálicos en hormigón según la ETAG 001 (Guía para Anclajes metálicos en Hormigón)<sup>1</sup>, el requerimiento del uso de resinas con Homologación Europea para el anclaje de barras corrugadas a posteriori es muy reciente, siendo por tanto una información relevante para la comunidad técnica.

### Contenido del DITE 08/105

La homologación, publicada el 30 de Julio del 2008 aborda el anclaje a posteriori de barras corrugadas con resina Hilti HIT-RE 500 en diferentes casos (Ver cuadro “aplicaciones contempladas en el TR 023”), todos ellos de acuerdo con

las especificaciones de la norma EN 1992-1-1: 2004 (EC2).

De esta manera el proyectista encuentra un marco regulatorio al cual acogerse para realizar un diseño certificado de este tipo de uniones a posteriori. Se trata por tanto de una herramienta ideal para mejorar la calidad tanto a nivel de proyecto como de ejecución en obra.

### Marco Normativo

A día de hoy el marco normativo para uniones con anclajes a posteriori está recogido en la Guía ETAG 001 (Anclajes Metálicos). Desarrollada en un primer momento para longitudes de anclaje pequeñas, la guía se ha comple-

tado, especialmente a partir de Noviembre del 2006 con el Informe Técnico TR 023, que recoge la base técnica y la documentación adecuada para este fin, permitiendo un diseño con el concepto de barra embebida.

### Características de adherencia de la resina Hilti HIT-RE 500. Longitud de anclaje

La resina de inyección Hilti HIT-RE 500 es una resina bicomponente de base epoxídica que permite desarrollar, incluso en taladros húmedos y/o efectuados con broca de diamante, un nivel de adherencia al menos similar al de

una barra embebida. En la homologación europea DITE 08/105 encontrará cuadros resúmenes que permiten un diseño directo.

Los componentes –resina sintética y endurecedor– están envasados en cartuchos de aluminio flexible para mayor facilidad de aplicación. Mediante un mezclador, las pistolas dosificadoras manuales, neumáticas o de batería comprimen, mezclan e inyectan los componentes directamente en el taladro. **El anclaje químico HIT fragua y fija el elemento de sujeción de forma segura al material base. De este modo se garantiza una correcta instalación, dotando así al sistema de gran seguridad en la ejecución.**

### Homologaciones disponibles para Hilti HIT-RE 500

Homologación	Código Homolg.	Descripción
EOTA	TR023	Technical Report. Assessment of post-installed rebar connections
ETA	ETA 04/0029	Homologación ETA para HIT-RE 500 con HAS (E) HCR hasta M30 (en inglés)
ETA	ETA 04/0028	Homologación ETA para HIT-RE 500 con HAS (E) R y HIS-RN hasta M30 (en inglés)
ETA	ETA 04/0027	Homologación ETA para HIT-RE 500 con HAS (E) y HIS-N hasta M30 (en inglés)
SOCOTEC	KX 0839	Homologación Socotec para HIT-RE 500 con corrugados de hasta 40 mm (en francés)
IBMB	3357/0550-5	Test de IBMB para HIT-RE 500 con corrugados (en inglés)
ICBO	ER-5010	Homologación ICBO para el sistema de anclaje HIT-RE 500 (en inglés)
Warrington Fire	C12 1086 Issue 2	Homologación de resistencia al fuego (en inglés)
Marque NF	NF 030	Admisión de la marca NF (en francés)

Hilti pone a su disposición un amplio número de homologaciones y ensayos para todos los anclajes. Para mayor información contacte con la Oficina Técnica de Hilti.

<sup>1</sup> Ver en el número 1 de esta revista el artículo “El marcado CE en el nuevo Código Técnico de Edificación”.





de la resina Hilti HIT-RE 500 más la labor de investigación y desarrollo del equipo de I+D de Hilti AG, permiten abordar aspectos adicionales a los recogidos en esta homologación como pueden ser el anclaje conforme a otros modelos de cálculo y códigos<sup>2</sup>.

**Conclusiones**

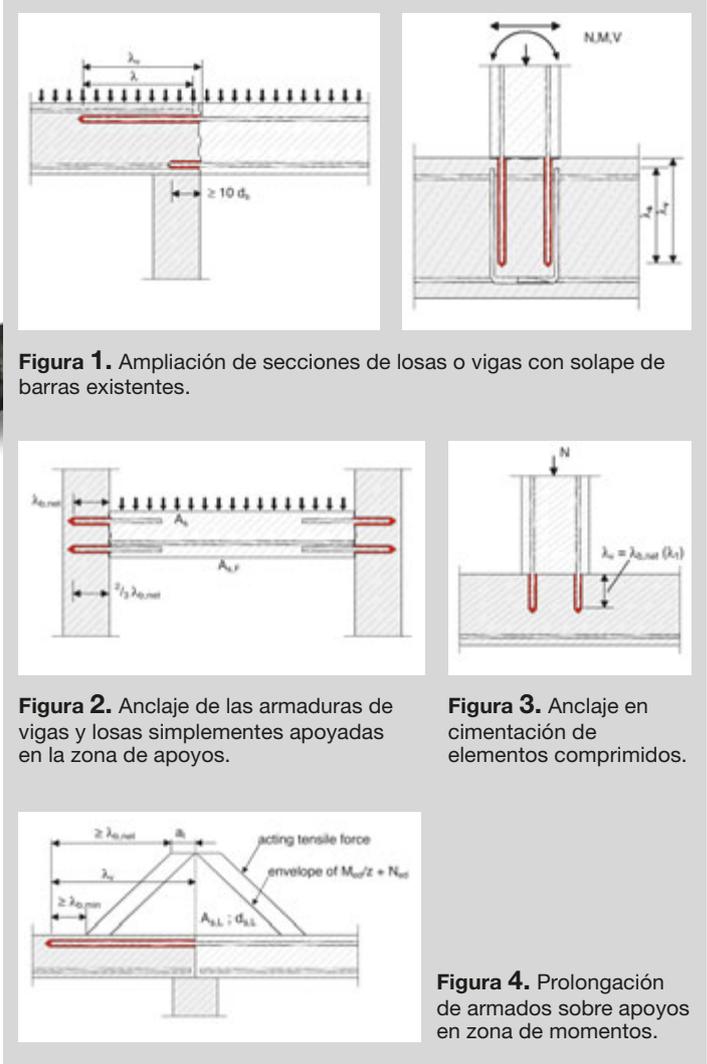
La publicación del TR 023 y de la homologación 08/105 para la resina Hilti HIT-RE 500 para anclaje de barras corrugadas a posteriori, marcan un antes y un después en el diseño de nudos estructurales conforme a normativas de hormigón estructural.

El diseño de barras corrugadas a posteriori conforme a EC-2, queda por tanto cubierto, permitiendo al proyectista abordar este tipo de uniones, primero por el contenido del TR 023 y segundo por la garantía de producto de la resina Hilti HIT-RE 500 homologada.

No obstante es importante destacar que las elevadas prestaciones

No dude en contactar con nosotros para abordar sus proyectos de conexiones estructurales o para completar la información técnica recogida en este artículo. ■

**Cuadro de aplicaciones contempladas en el TR023**



**Figura 1.** Ampliación de secciones de losas o vigas con solape de barras existentes.

**Figura 2.** Anclaje de las armaduras de vigas y losas simplemente apoyadas en la zona de apoyos.

**Figura 3.** Anclaje en cimentación de elementos comprimidos.

**Figura 4.** Prolongación de armados sobre apoyos en zona de momentos.

**Anclaje para corrugados Hilti HIT-RE 500**

<sup>2</sup> Ver en el número 1 de esta revista el artículo "Anclaje de barras corrugadas a posteriori".



## **Hilti. Superando expectativas.**

Hilti Española, S.A. | Avda. Fuente de la Mora, 2 | Edificio 1 | 28050 Madrid | T 902 100 475 | F 900 200 417 | [www.hilti.es](http://www.hilti.es)