



ESPECIAL
CIMENTACIONES PROFUNDAS Y
ELEMENTOS DE CONTENCIÓN

ENTREVISTA

D. José María Echave Rasines
Presidente de AETESS



ARCER

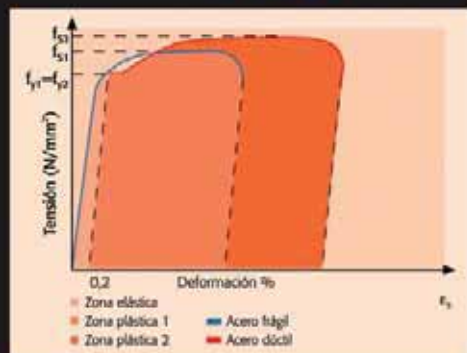
Armaduras para Hormigón



PRESTACIÓN

COMPROMISO

INNOVACIÓN



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

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

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

INSTITUTO PARA LA PROMOCIÓN DE ARMADURAS CERTIFICADAS (IPAC)

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

<http://www.arcer.es>

<http://www.ipac.es>

Sumario

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

DIRECTOR DE LA PUBLICACIÓN:

Julio José Vaquero García

ASESORES:

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

EDICIÓN:

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

DISEÑO, PRODUCCIÓN Y PUBLICIDAD:

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

IMPRESIÓN:

MEDINACELI PRINTER, S.L.

Depósito legal: M-43355-2004

ISSN: 1885-6241

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

3 EDITORIAL

4



EN PORTADA

Entrevista a **D. José María Echave Rasines**,
Presidente de AETESS.

"Cimentaciones profundas en España:
técnicas y procesos punteros al servicio de la
sociedad".

12 REPORTAJES

- Pantallas en medio urbano para estructuras subterráneas.
- Cimentaciones profundas.
- Control de integridad de pilotes *in situ*.

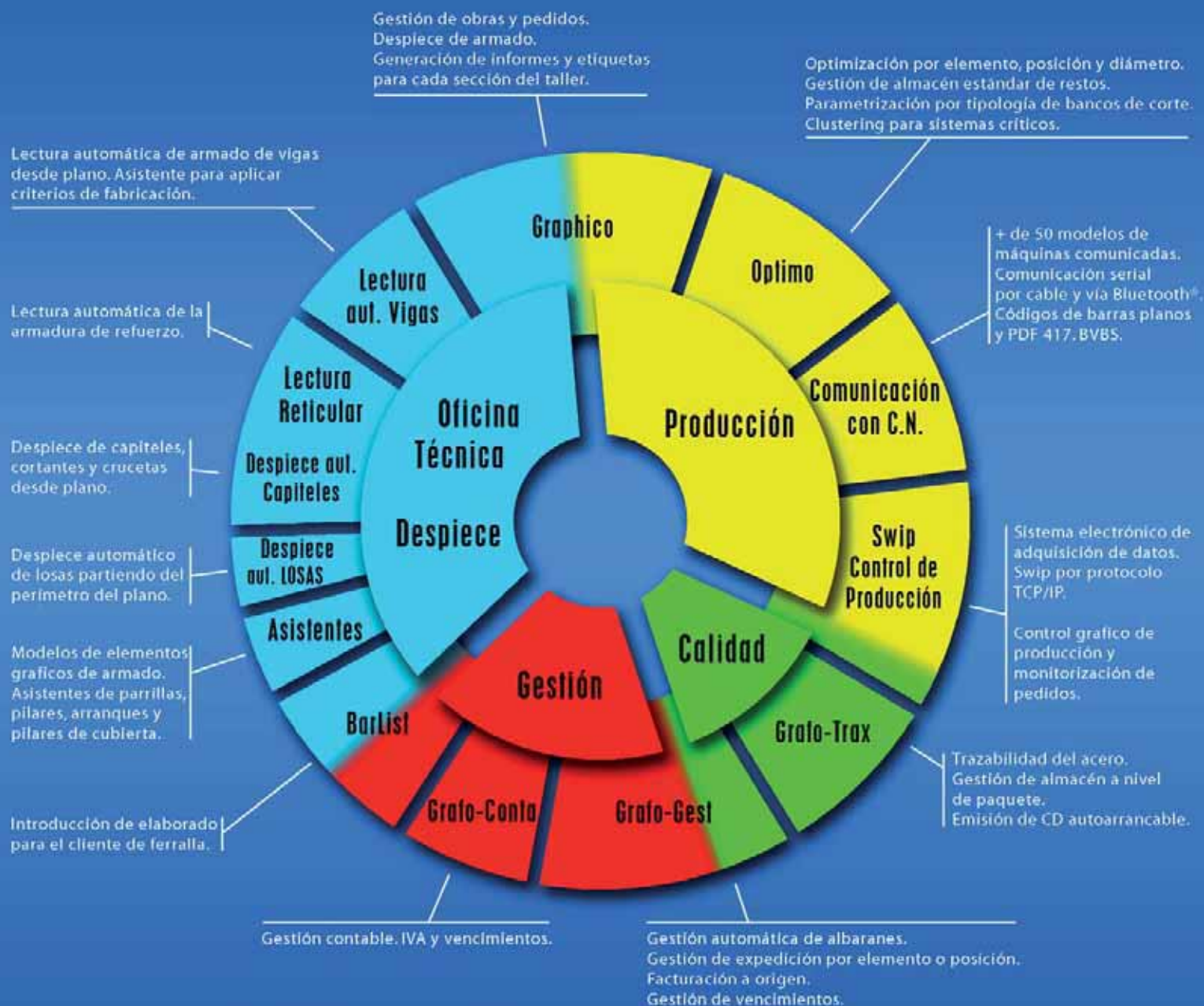


39 NOTICIAS

- Salón de la Construcción, CONSTRUTEC 2006.
- La Plataforma Tecnológica Española del Hormigón comienza su andadura.
- Puesta en obra del hormigón.
- 3^{er} Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica.
- Espectacular crecimiento de la construcción de centros comerciales en España.
- Nombramientos.



SOFTWARE PARA LA GESTION DE LA FERRALLA



... seguimos innovando

Editorial

El extraordinario desarrollo experimentado por el sector de la construcción en los últimos años ha permitido abordar la ejecución de obras de gran magnitud e importancia por parte de empresas españolas, que se sitúan hoy en día entre las primeras de Europa. En estas espectaculares realizaciones abordadas tanto por la iniciativa privada (por ejemplo, edificios de gran altura), como por las Administraciones Públicas (líneas de alta velocidad, soterramientos de calzadas, líneas de metro, terminales de aeropuertos, etc.), las cimentaciones y los elementos de contención cobran una especial relevancia, tanto por su complejidad y dimensiones, como por su responsabilidad tan importante en la estabilidad y funcionalidad de las mismas.

Las cimentaciones profundas y los elementos de contención son elementos estructurales de una relevancia extrema, aunque su realidad pasa muchas veces desapercibida para la sociedad al tener tan sólo una pequeña imagen de los equipos de ejecución empleados en las mismas, que vendrían a significar la "punta del iceberg" de esta actividad.

Este número tiene la intención de aproximar al lector de nuestra revista a este tipo de realizaciones, para lo cual contamos con la colaboración de AETESS, la asociación que agrupa a las empresas especializadas en cimentaciones especiales, quién nos ha facilitado una entrevista con su Presidente, el Sr. Echave, así como un interesante artículo de D. Pedro Sola sobre procesos y sistemas constructivos en excavaciones realizadas con pantallas, que fue presentado en primicia en la Jornada organizada

por esta asociación en Madrid a finales del mes de septiembre, bajo el título "Pantallas en medio urbano para estructuras subterráneas". Sobre las técnicas de ejecución de pilotes se presenta un artículo de D. Jesús Jiménez Almonacid, que se complementa con las técnicas de auscultación de los mismos a cargo del Sr. Nouet, un acreditado especialista en la materia.

Como se podrá derivar del contenido de estos artículos, la ejecución de pantallas y pilotes no está exenta de dificultad y requieren la utilización de importantes armados, que han de manipularse mediante potentes grúas y cuyo montaje final debe realizarse en muchas ocasiones en obra, dada la magnitud de

los elementos que la componen y las limitaciones de espacio con que normalmente se cuenta. Para alcanzar la calidad final requerida es fundamental que tanto en el taller de ferralla, como en el montaje final en obra, se adopten sistemas y planes de calidad adecuados, como los utilizados por las empresas que ostentan la marca FerraPlus,

y se ponga especial cuidado en la disposición de separadores que garanticen el recubrimiento de las armaduras y minimicen las operaciones posteriores de reparación de pantallas o pilotes al descubrir estos elementos tras la posterior excavación de los recintos subterráneos.

En la esperanza de que el contenido de esta revista sea de utilidad para nuestros lectores, el equipo humano que hace posible la misma quiere aprovechar la ocasión para desearles a todos ustedes unas Felices Fiestas y un Próspero Año Nuevo. ■



Entrevista a:
D. JOSÉ MARÍA ECHAVE RASINES,
Presidente de AETESS

Cimentaciones profundas en España: técnicas y procesos punteros al servicio de la sociedad

Las obras de cimentación han alcanzado una especial relevancia en los últimos años en nuestro país. La ejecución de obras de gran magnitud y responsabilidad, o la de edificios de especial singularidad, ha puesto de manifiesto no sólo la preparación y equipamiento de las empresas españolas, sino también la voluntad de incorporar criterios de calidad, seguridad y sostenibilidad a este tipo de realizaciones.

La forma de trabajo de estos equipos y las técnicas empleadas hacen que muchas veces se desconozca la magnitud e importancia de estas obras. Para acercarnos un poco más a ellas, la revista Zuncho ha entrevistado a D. José María Echave Rasines, Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos con más de treinta y cinco años de actividad profesional, muchos de ellos en el mundo de la geotécnica y la cimentación, Director General de una de las empresas más relevantes del sector, Terrabauer, y en la actualidad Presidente de la asociación que agrupa a las empresas dedicadas a esta actividad, AETESS.

En la actualidad preside usted la Asociación de Empresas de la Tecnología del Suelo y Subsuelo, AETESS, ¿qué fines persigue esta Asociación?, ¿qué actividades desarrolla?

AETESS es una organización que agrupa a las empresas más importantes del sector de las cimentaciones especiales y los trabajos del terreno en España. Los objetivos principales de la Asociación son la defensa de la calidad, seguridad, profesionalidad en el ejercicio de las especialidades en las que intervienen sus asociados, y la investigación y desarrollo de las tecnologías propias de su actividad.

En AETESS desarrollamos estos objetivos mediante grupos de trabajo: técnico, de seguridad, laboral, de suelos y medio ambiente, de maquinaria y de contratación, que actúan de forma individual o conjuntamente con instituciones públicas y privadas.

Estos últimos años hemos dinamizado todos los trabajos de la Asociación, en especial el desarrollo técnico de nuestra profesión, por medio de diferentes Convenios de Colaboración con organismos públicos como





EN PORTADA



➔ **Fotografía 1.-** Puente de Praga.

la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento, con quien colaboramos en la creación de Guías Técnicas, o con el CEDEX con el que tenemos un Convenio de Investigación en materias comunes que ya ha dado sus frutos.

Respecto a la normativa técnica, AETESS ha colaborado en la elaboración del Código Técnico de la Edificación y ostenta la Secretaría Técnica de Subcomité 3 de AENOR sobre la ejecución de trabajos geotécnicos especiales.

Además, desde la Asociación consideramos esencial la divulgación de los avances técnicos de la profesión, por lo que hemos desarrollado numerosas jornadas conjuntamente con sociedades afines como: la Sociedad Española de Mecánica de Suelos e Ingeniería Geotécnica (SEMSIG), la Sociedad Española de Mecánica de Rocas (SEMR), la Asociación Española de Túneles y Obras Subterráneas (AETOS), y el Comité Nacional Español de Grandes Presas (CNEGP). Estas jornadas constituyen un importante punto de encuentro donde actualizar y debatir los aspectos más impor-

tantes del diseño, ejecución y seguimiento de las distintas técnicas de nuestra especialidad que utilizamos actualmente en las obras civiles y edificación.

Por otro lado, la Asociación está llevando a cabo un intenso trabajo interno a través de sus Comités, que está consiguiendo fructíferos resultados en materias tan importantes para la empresa actual como: la calidad, la seguridad, la formación o el respeto al medio ambiente.

Este número está dedicado a cimentaciones profundas, una técnica que en los últimos años ha experimentado una amplia utilización en nuestro país, ¿qué metas o retos cree que quedan por alcanzar en este terreno?

Las empresas de AETESS, algunas participadas por compañías de primer nivel internacional, emplean técnicas punteras en el mundo, siendo su equipamiento de última generación.



➔ **Fotografía 2.-** Perforación con fresa.

El desarrollo en España de grandes proyectos en los últimos años como el AVE, la extensión de la red de autopistas y autovías, las ampliaciones o nuevas construcciones de líneas de Metro en Madrid, Barcelona, Sevilla, Valencia o Málaga junto al auge de la construcción de viviendas, oficinas y otros proyectos ligados al importante crecimiento económico, ha potenciado la modernización del equipamiento y el empleo de las técnicas más novedosas, estando las empresas de AETESS a la cabeza de las empresas del sector.

Estas obras, que garantizan un buen funcionamiento y desarrollo de las ciudades, se realizan cada vez más en condiciones técnicas complicadas en las que el aprovechamiento del espacio está obligando al empleo y desarrollo de todos los procesos y sistemas constructivos disponibles para su construcción y mantenimiento con la máxima seguridad, y mínimas interferencias con el entorno urbano y medioambiental, junto con la mayor eficiencia posible en lo económico y en los plazos temporales.

Todo ello ha sido un gran reto para los profesionales de la geotecnia durante estos últimos años, experiencia

que nos ha servido para afrontar nuevas pruebas que se presentan en el panorama actual, en las que las estructuras subterráneas, cada vez más, requerirán de una mayor profundidad o su ejecución en terrenos cada vez más duros y en entornos más difíciles, todos ellos retos que afrontaremos desde la experiencia de las grandes obras realizadas.

Los equipos de excavación son cada vez más potentes, pero también es cada vez más difícil disponer de superficies libres para su operación, sobre todo en entornos urbanos como acaba de comentar ¿cree que los equipos tipo hidrofresa son la solución a éste tipo de problemas?

La hidrofresa es uno de los equipos de perforación de pantallas más avanzado del mercado. Concebido en un principio para perforar en terrenos duros, en grandes espesores o profundidades elevadas, presenta una serie de ventajas adicionales que lo hace especialmente idóneo para trabajar en obras urbanas.

Los productos de excavación se transportan desde un único punto de la obra, una vez separados en la planta de tratamiento, pudiendo ser llevados a vertedero cuando las condiciones de tráfico lo permitan, evitando así el movimiento de camiones entre tajos. Además, el producto transportado está relativamente seco por lo que no es necesario tomar ninguna precaución especial para su transporte.

Por otro lado, las técnicas actuales permiten el tratamiento en obra de los lodos de perforación tras su utilización, consiguiéndose la separación total del agua y del residuo de arcilla. El agua limpia y tratada se puede verter al alcantarillado y el residuo, totalmente seco, llevar a un vertedero normal.

No se utilizan encofrados-junta para el hormigonado, por lo que no se manejan en obra elementos pesados de gran longitud, minimizándose el peligro potencial para personas o edificios cercanos.

El proceso de corte y extracción que realiza la hidrofresa es suave y continuo, produciendo alteraciones muy pequeñas en el terreno circundante, lo que determina que la superficie del muro terminado sea de una gran calidad. Al mismo tiempo, desde el punto de vista



EN PORTADA

de vibraciones y ruido, la afección al entorno está en niveles mínimos sobre todo si lo comparamos con los sistemas tradicionales.

Por último, las hidrofresas están instrumentadas para poder controlar todas las operaciones de su trabajo, pudiendo asegurar no sólo una gran calidad, sino una reducción importante en los plazos de obra y el consiguiente tiempo de molestias a los residentes en la zona.

Como ejemplo, podríamos citar las actuaciones en el río Manzanares de Madrid, en las obras de CALLE 30, o en la ampliación del Metro, donde se han alcanzado medias semanales acumuladas en torno a 1.000 m² por equipo y semana

Tradicionalmente ha habido un desacuerdo entre las características de hormigón recomendado por las empresas de cimentación y las características del hormigón suministrado por las empresas constructoras ¿ha cambiado esta situación o todavía persiste?

Las condiciones singulares de hormigonado de cimentaciones profundas requieren una definición precisa del tipo de cemento, la granulometría de los áridos, las dosificaciones, la calidad del mezclado y el tipo de aditivos, para conseguir un hormigón de la fluidez necesaria que tenga en cuenta la singularidad de donde va a ser colocado, generalmente en perforaciones profundas, bajo agua o fluido estabilizador, y con cuantías de armadura importantes, permitiendo garantizar la calidad del proceso y del producto terminado.

Este tipo de hormigón tiene, además, que alcanzar la resistencia que se le exige como elemento estructural.

En España, en general, se piensa que los hormigones son de mejor calidad si tienen una plasticidad baja y para hormigones estructurales se huye de los que se suelen denominar líquidos. Además, la Instrucción EHE no contempla el empleo de hormigones de alta plasticidad por lo que si no se conocen las circunstancias del hormigonado de pilotes y pantallas es difícil para algunas personas comprender el problema, máxime cuando para la misma resistencia final un hormigón con mayor plasticidad suele ser más caro.



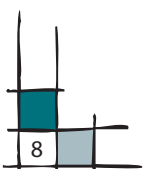
Fotografía 3.- Planta de lodos completa, río Manzanares.

Por eso, a pesar de todos nuestros esfuerzos, es habitual encontrarse con numerosos problemas en este sentido que dificultan enormemente la ejecución de los trabajos y sus resultados.

AETESS, a través de su Comité Técnico, ha elaborado una serie de Recomendaciones en este sentido con la finalidad de difundir las características que han de cumplir los hormigones y su puesta en obra para la ejecución de pantallas continuas y pilotes perforados y moldeados *in situ*. Además, en estos momentos desde la Asociación se está promoviendo un estudio de investigación para este material en colaboración con el Laboratorio de Geotecnia de CEDEX.

Desde su punto de vista ¿cree que sería necesario que la reglamentación oficial en materia de hormigón estructural tuviese en cuenta estas necesidades y regulase, o al menos recomendase, cuáles deben ser las propiedades y características de los hormigones para la cimentación?

En la normativa europea (EN) sobre ejecución de pilotes y pantallas se recogen las características básicas que se le exigen al hormigón, pero no existe un desarrollo completo sobre sus aspectos, por lo que, con diferentes matices, tanto las empresas de cimentaciones españolas como el resto de las europeas se están encontrando con problemas parecidos.



La normativa europea, que deberá ser de obligado cumplimiento en los países de la Unión a partir del año 2010, está publicada en España en las normas UNE . El PG-3 en su apartado sobre pilotes y pantallas recoge fielmente lo especificado en las mencionadas normas, así como el Código Técnico de la Edificación. Falta, sin embargo, un documento específico que desarrolle lo indicado en estas normas y su inclusión en la Instrucción EHE .

AETESS, como ya he indicado en la respuesta a la pregunta anterior, ha iniciado contactos en este sentido con el CEDEX para elaborar este documento.

El recientemente aprobado Código Técnico de la Edificación, CTE, contiene un detallado Documento Básico sobre cimentaciones ¿cómo cree usted que esto va a influir en el futuro? ¿Cuáles pueden ser las aportaciones de asociaciones como AETESS a la consecución de los objetivos que se marcan en el mencionado Código?

La inclusión del Documento Básico dentro del Código Técnico de la Edificación es un paso fundamental para la regulación del sector y para el buen fin de las obras. La existencia de una normativa de obligado cumplimiento garantiza una mejora de la calidad del producto final, que beneficiará no sólo al usuario final sino a todo el sector. Por otro lado, se reducirá el intrusismo y se conseguirá premiar el esfuerzo de las empresas y asociaciones que, como AETESS, han apostado por la calidad.

El CTE, en la parte relativa a ejecución de cimentaciones, está basado en su mayoría en las especificaciones de la normativa europea y en la Instrucción EHE a la que ya atendíamos en sus recomendaciones, por lo que su entrada en vigor no ha cambiado sustancialmente nuestras reglas de ejecución. Sin embargo, y pese a la colaboración que AETESS junto a las empresas del SEOPAN ha mantenido en su elaboración,

hemos apreciado en el documento final diferencias en el tratamiento de algunas de sus partes, desarrollando de forma muy extensa unas, simplificando en exceso otras, e incluso obviando algunas de las técnicas.

En este sentido, y de cara a la regulación del sector de las cimentaciones, será importante la entrada en vigor en el 2010 de las normas europeas (EN), en cuya discusión y aprobación AETESS participa desde su Comité Técnico: en España a través del Subcomité 3 de AENOR sobre la ejecución de trabajos geotécnicos especiales, y en Europa a través del TC/288 de CEN.

Los proyectos de ampliación del Metro y las obras de remodelación de la M-30 en la capital española son grandes realizaciones en las que seguramente se han batido récords ¿podría citarnos alguno de ellos?

Las obras hechas en Madrid en el periodo 2003 a 2007 para la Ampliación de la red de Metro, realizada por MINTRA y la gran remodelación de la red viaria de la M-30 a cargo de CALLE 30 y otras del Ayuntamiento de Madrid, constituyen por su magnitud, singularidad y ritmo de ejecución, uno de los mayores hitos de la ingeniería civil a escala internacional.

Si tenemos que hablar de algún récord debemos destacar la cantidad de medios humanos y maquinaria, en su mayoría nueva, que ha sido necesario movilizar para conseguir completar la importante medición realizada en un plazo tan corto, con las exigencias de seguridad y calidad exigidas por ambas Administraciones.

Podemos asegurar que la contribución de las empresas de AETESS ha sido decisiva en la consecución de los objetivos planteados.

Como ejemplo, y en relación a las pantallas continuas, en la ampliación del Metro, que ha afectado a líneas de Metro convencional y a nuevas líneas de Metro Ligero, la superficie total construida con pantallas continuas ha sido de unos 444.000 m², de los cuales el 5% ha sido con hidrofresa, y el resto con cuchara convencional.



EN PORTADA

Durante el período principal de las obras, entre diciembre de 2004 y septiembre de 2005, han sido necesarios 48 equipos convencionales con cuchara, 2 hidrofresas y 36 grúas auxiliares.

Respecto a las obras de CALLE 30 y Ayuntamiento de Madrid, la superficie total de pantallas continuas ha sido de unos 700.000 m², de los cuales el 4%, unos 28.000 m², se ha ejecutado con hidrofresa, y el resto con cucharas bivalvas.

Durante el período principal de las obras, entre mayo de 2005 y agosto de 2006, han sido necesarios 48 equipos con cuchara, una hidrofresa, y 45 grúas auxiliares.

Además, en algunos casos se han necesitado equipos y/o procedimientos especiales por los condicionantes singulares del entorno, como en los túneles bajo los arcos del Puente de Toledo, o bajo una de las pilas del Puente de Segovia.

Las armaduras pasivas utilizadas en pantallas y pilotes tienen unas características muy particulares ¿qué ventajas cree que puede aportar su elaboración en instalaciones industriales fijas de ferralla?

El empleo de instalaciones fijas de montaje propicia un mayor control y una mejora en el producto terminado. Además, se pue-

de conseguir una mayor eficiencia y productividad con el resultado de un producto de mayor calidad y más económico.

En algunos casos el transporte a obra de elementos voluminosos puede crear problemas o puede encarecer el producto si el peso es bajo en relación al volumen, pero se han obtenido resultados muy satisfactorios prefabricando parte de los elementos en taller y haciendo el montaje final en obra.

Hace ya algunos años que comenzó su andadura la marca FerraPlus, una marca destinada a promover la utilización de ferralla certificada ¿Qué opinión le merece este tipo de iniciativas?

La ferralla es un elemento base en muchos de nuestros trabajos. Cualquier iniciativa que garantice la calidad del producto, tanto en el origen del acero, como en su manipulación, control y posterior montaje es positiva.

La ferralla certificada garantiza ese control de calidad necesario para la correcta ejecución de los trabajos. ■



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: _____

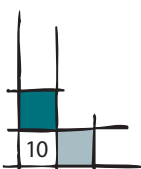
Empresa: _____

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.





ASOCIACIÓN DE
EMPRESAS DE LA
TECNOLOGÍA DEL
SUELO Y SUBSUELO



GEOECNIA Y CIMENTOS S.A.

c/ Los Llanos de Jeréz 10-12 Coslada - 28820 Madrid
Tel.: 91.660.30.00 - Fax: 91.671.64.00
www.geocisa.com



IFC CIMENTACIONES ESPECIALES S.A.

c/ Joaquín Molins 5-7, 6º 4 - 08028 Barcelona
Tel.: 93.409.78.80 - Fax: 93.490.86.28
ifc-bcn@ifc-es.com



KRONSA INTERNACIONAL S.A.

c/ General Ramirez de Madrid 8-10, 3º - 28020 Madrid
Tel.: 91.425.28.90 - Fax: 91.571.39.12
www.kronsa.com



KELLERTERRA S.L.

c/ Miguel Yuste, 45 Bis - 28037 Madrid
Tel.: 91.423.75.00 - Fax: 91.423.75.01
www.kellerterra.com



PILOTES POSADA S.A.

Ctra. de Baiona 44 - 36213 Vigo
Tel.: 986.29.35.00 - Fax: 986.20.21.52
www.pilotesposada.com



PILSON S.A.

c/ Felix Boix 7 - 28038 Madrid
Tel.: 91.359.00.01 - Fax: 91.350.99.82
www.pilson-ts.com



RODIO CIMENTACIONES ESPECIALES S.A.

Pº de la Castellana 130, 6º Pll. - 28048 Madrid
Tel.: 91.562.46.10 - Fax: 91.561.30.13
www.rodio.com



SONDEOS, INYECCIONES Y TRABAJOS ESPECIALES S.A.

c/ Febrero 36 - 28022 Madrid
Tel.: 91.747.34.44 - Fax: 91.747.36.66
site@site.biz



TERRABAUER S.L.

c/ Serrano Anguita 10-3º Dch - 28004 Madrid
Tel.: 91.444.53.72 - Fax: 91.446.99.89
terrabaauer@terrabaauer.com



TERRATEST
TECNICAS ESPECIALES

TERRATEST S.A.

c/ Miguel Yuste, 45 Bis - 28037 Madrid
Tel.: 91.423.75.00 - Fax: 91.423.75.01
www.terratest.es

AETESS->

c/ Goya Nº 23, 3º Drcha. - 28001 Madrid
Tel.: 91.577.33.21 - Fax: 91.431.79.63
e-mail: aetess@aetess.com
www.aetess.com



PANTALLAS EN MEDIO URBANO PARA ESTRUCTURAS SUBTERRÁNEAS

Pedro R. Sola Casado - Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. GEOCISA.

El auge de las estructuras subterráneas en el aprovechamiento del espacio en nuestras ciudades del Siglo XXI está obligando al empleo de los más innovadores procesos y sistemas constructivos disponibles hoy día para su construcción, con la máxima seguridad y las mínimas interferencias con el entorno urbano y medioambiental, buscando al mismo tiempo la mayor eficiencia posible tanto en aspectos económicos como en plazos de ejecución.

En este contexto, la excavación en falso túnel al abrigo de muros-pantalla tiene una participación no solo significativa, por su proporción en el conjunto de las obras, sino también muy relevante por la singularidad de los problemas que resuelve, ya sea en partes principales y definitivas (como túneles, estaciones, transiciones, conexiones, etc.); o en partes temporales necesarias en alguna fase de las obras (pozos de ataque en mina o para tuneladora, etc.).

Estos sistemas constructivos, conocidos como método "milanés" o "cut and cover", implican la excavación de un recinto al amparo de muros verticales previamente construidos, que después se vuelve a recubrir para obtener unas condiciones similares a las de partida.

En el pasado, la excavación solía realizarse a cielo abierto por facilidad y para conseguir mejores rendimientos; pero hoy día se suele optar por efectuar inmediatamente la cubrición del recinto y ejecutar la destroza interior en mina. En definitiva, este método constructivo implica, de modo general, dos etapas claramente diferenciadas: la primera que comprende la construcción de los muros-pantalla verticales, desde la superficie y hasta la máxima

profundidad requerida, para delimitar el recinto subterráneo a vaciar; y una segunda que consiste en la excavación de ese recinto y la construcción de la cubierta y la losa de fondo, mediante una secuencia por fases, cuyo orden y necesidad de arriostramientos horizontales intermedios puede variar en función de las condiciones de cada obra.

A continuación va a describirse, de modo general, el campo de aplicación de estos sistemas constructivos con pantallas en medio urbano, las ventajas e inconvenientes que presentan, sus condicionantes geotécnicos —relacionados con el terreno y el agua freática—, así como sus principales tipologías estructurales y procedimientos de ejecución. Por último, se expone una breve muestra del empleo de estos sistemas constructivos en las obras subterráneas del periodo 2004-2007 en Madrid, Ampliación

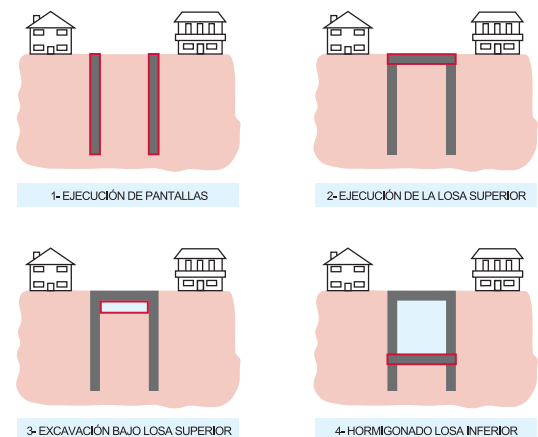


Figura 1.- Procedimiento de ejecución de un túnel entre pantallas.



➔ **Fotografías 1 y 2.-** Equipos de pilotes. Comparación entre equipo convencional y equipo para gálibos reducidos.

del Metro y CALLE 30, que constituyen, sin duda, dos de los retos de este tipo de obras de mayor envergadura a escala mundial.

CAMPO DE APLICACIÓN DE LOS MUROS-PANTALLA

La ejecución de los muros-pantalla verticales y la excavación del interior del recinto, al menos hasta la cota de la cubierta, condicionan la aplicación de estos sistemas a emplazamientos con una superficie abierta y libre de obstáculos con unas dimensiones por encima de unos mínimos y con una accesibilidad adecuada.

En general, para condiciones y equipos normales el ancho de la superficie libre para trabajo de la maquinaria no debe ser inferior a unos 10 a 15 m para los equipos

de pantallas con bataches, y de unos 7 a 10 m para los equipos de pilotes. Además, será necesario disponer de suficiente espacio libre cercano para la confección de las armaduras y el emplazamiento de equipos y herramientas auxiliares, útiles diversos y resto de materiales.

Tampoco conviene olvidar que el gálibo libre en la superficie de trabajo no debe ser inferior a unos 15 m, salvo que se cuente con equipos especiales —de bajo rendimiento y alcance en profundidad— que pueden trabajar con gálibos de unos 5 m, sobre todo cuando se trata de pilotes.

En menor grado, y por razones económicas y de plazo, la profundidad máxima de la excavación condiciona también el empleo de estos sistemas constructivos. Si la profundidad a excavar es inferior a 5 m son aconsejables otros métodos, salvo que el nivel freático



REPORTAJES

sea muy superficial o que exista una gran proximidad a edificios o a servicios que sea preciso proteger. En el caso de profundidades importantes, superiores a 35 m, es preciso un especial cuidado de las juntas y de su verticalidad, con la consiguiente reducción de rendimientos, pudiendo incluso hacer precisa la realización de taladros previos auxiliares ("preforos"), o a excavar con hidrofresa.

Por último, existen otro tipo de factores que pueden condicionar también la utilización de los muros-pantalla, tales como aquellos relacionados con la existencia de obstáculos artificiales, terrenos muy blandos, duros o permeables, presencia de agua, cercanía de estructuras o servicios, etc. que, como se verá más adelante, en la actualidad pueden ser salvados mediante procedimientos especiales y/o medidas adicionales.

Ventajas

Entre las ventajas que presentan estos sistemas constructivos, pueden citarse las siguientes:

a) *Capacidad de lograr recintos suficientemente estancos, incluso en suelos permeables poco competentes con agua freática muy superficial.*

La experiencia indica que con empotramientos en capas impermeables o con tapón de fondo con inyecciones o *jet-grouting*, se puede obtener una infiltración de agua inferior a

2 litros/día por metro cuadrado de superficie mojada, con focos localizados inferiores a 10 litros/día en 10 metros cuadrados.

b) *Idoneidad, con arriostramientos temporales y/o definitivos suficientes, para grandes recintos excavados en la proximidad de estructuras y servicios con movimientos admisibles.*

Como indica la Figura 2, hoy día pueden estimarse esos movimientos verticales y horizontales con suficiente precisión según las diferentes condiciones del terreno, rigidez de la pantalla y arriostramientos horizontales de la misma.

c) *Pueden ayudar a la economía y reducción de plazos generales de las obras subterráneas por:*

- permitir aprovechar, para diferentes usos, todo el espacio desde la superficie hasta la profundidad final excavada (aparcamientos, vestíbulos, accesos, instalaciones, etc.);
- posibilitar más frentes simultáneos de ataque para la excavación, empleando estos sistemas para construir partes del recinto subterráneo, o pozos de ataque para otros procedimientos (en mina o con tuneladora);
- permitir la excavación de grandes recintos subterráneos con la mayor seguridad y plazos cortos y sin desviaciones, pues la excavación se hace al abrigo de las pantallas previamente construidas, y la ejecución de estas últimas se efectúa con rendimientos que pueden estimarse, según las condiciones de cada caso, con suficiente aproximación.

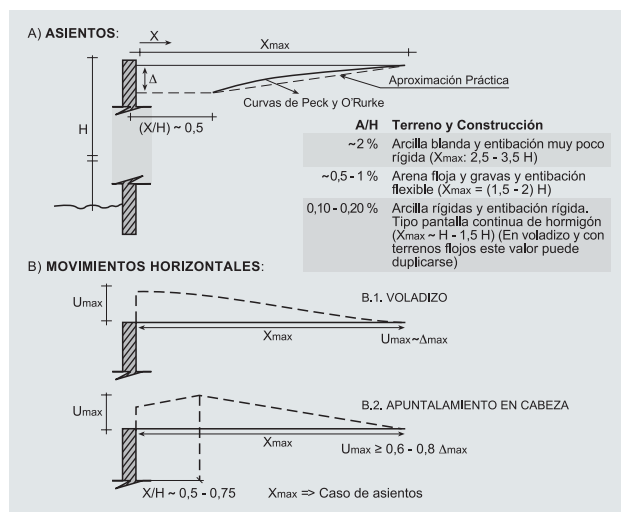


Figura 2.- Asientos y movimientos horizontales según USAC-MINTRA Metro de Madrid.

No obstante, respecto a los rendimientos de construcción de pantallas, además de los equipos de excavación, de la naturaleza del terreno, y del espesor y profundidad del muro, deben tenerse en cuenta, de modo decisivo, las condiciones particulares de cada tajo, tanto por sus

dimensiones en planta como por las posibles interferencias de servicios u otros obstáculos en el terreno.

En la Tabla 1 se recogen los rendimientos medios operativos, en metros cuadrados por equipo y semana, obtenidos en distintos tipos de obras realizadas en Madrid, con pantallas de 0,8 y 1,0 m de espesor y profundidades de 15 a 35 m.

En el caso de la Ampliación del Metro en la zona norte de Madrid se han recogido las cifras de un grupo de estaciones, rampas de acceso y "corralitos"¹ para tuneladora, observándose que para el caso de pantallas menos profundas el rendimiento alcanzado está en torno a los 600 m² por equipo y semana, mientras que para pantallas más profundas este valor se reduce a menos de la mitad.

Asimismo, en los rendimientos obtenidos en dos zonas diferentes de las obras de CALLE 30, se observa que los rendimientos alcanzados en el río Manzanares son similares a los de las estaciones de Metro Norte (300 m²/equipo-semana), mientras que en la Avenida de Portugal aumentan en un 50 % debido fundamentalmente a las mejores condiciones existentes en la zona.

Inconvenientes

En el capítulo de los inconvenientes de este método cabe mencionar:

a) *La interferencia con el entorno urbano residencial y comercial, así como con el tráfico rodado.*

La necesidad de disminuir todo lo posible esta interferencia ha llevado a un proceso constructivo que deja libre la mitad del espacio urbano (plaza, calle, etc.), mientras que se construye la pantalla, los posibles soportes pila-pilote y la parte de la cubierta de la otra mitad; una vez finalizadas, se restituye al uso urbano esta última mitad, lo cual

➔ **Tabla 1.- Rendimientos de excavación en diferentes obras ubicadas en Madrid.**

Obra	Características	Tipo de recinto	Rendimiento (m ² /equipo y semana)	
				Valor medio
METRO NORTE	Pantallas de 0,8 m de espesor y 15 m de profundidad	Rampas	693	627
		Corralito	562	
	Pantallas de 1 m de espesor y 35 m de profundidad	Estaciones	307	280
		Rampas	254	
CALLE 30	Río Manzanares	—	—	300
	Avenida de Portugal	—	—	450

permite realizar la otra pantalla y la otra parte de la cubierta que se une a la ejecutada anteriormente. A continuación se excava en mina al abrigo de las pantallas laterales y de la cubierta, realizando los arriostramientos intermedios necesarios y la losa o contrabóveda de fondo.

b) *El desvío y reposición previos de los servicios urbanos afectados: conducciones agua, electricidad, telecomunicaciones, gas, etc.*

En la actualidad, los tratamientos de mejora del terreno y las técnicas especiales de recalce (jet-grouting, inyecciones, micropilotes, etc.) permiten disminuir estos desvíos siempre costosos en tiempo y valor económico.

c) *Las sobreexcavaciones que además de su coste económico, implican un mal acabado de los paramentos interiores, junto con las juntas defectuosas entre bataches que pueden suponer vías de entrada de agua.*

Estas últimas son prácticamente inexistentes con hidrofresa y con pilotes secantes, y en las pantallas convencionales con cuchara, todos esos inconvenientes pueden controlarse con los modernos tipos de junta, y con el empleo de maquinaria, lodos y hormigones con las especificaciones adecuadas.

¹ Nombre vulgar por el que se designa a los recintos necesarios para la entrada y salida de las tuneladoras.



REPORTAJES

d) *Los posibles efectos indeseables sobre el medioambiente, que también actualmente pueden paliarse hasta valores admisibles.*

Las vibraciones y ruidos durante la excavación de las pantallas, en condiciones normales de terreno y equipos, son admisibles y quedan por debajo de la normativa existente. Los casos singulares de obstáculos o "costras" rocosas, que obliguen a utilizar el trépano, pueden salvarse con perforaciones a rotación con útiles especiales de gran diámetro (pilotes o preforos) o con el empleo de hidrofresa.

Los efectos de los lodos tixotrópicos bentoníticos o sepiolíticos pueden controlarse hoy día, tanto impidiendo sus posibles fugas en los terrenos permeables con medidas previas de impermeabilización, como reduciendo los volúmenes totales mediante desarenado y reutilización, y dando el tratamiento adecuado a los detritos sobrantes (productos de excavación y lodos inservibles). Además, cada día avanza más la sustitución de esos lodos por geles biodegradables que realizan la misma función en terrenos de baja permeabilidad.

Finalmente, hoy día puede evaluarse con aproximación suficiente el efecto "barrera hidráulica" de las pantallas continuas sobre la circulación del agua subálvea, así como se dispone de procedimientos constructivos para disminuirlo a valores admisibles, sea con tramos de pantallas cortas ("portillos"), sea con otro tipo de disposiciones ("by pass" permanente).

CONDICIONANTES GEOTÉCNICOS

El terreno

El terreno a excavar con las pantallas es el primer factor a tener en cuenta tanto por sus características, como por los posibles obstáculos e irregularidades que pudieran existir, tales como intrusiones artificiales, huecos o conductos kársticos, entre otros.

Las intrusiones rocosas naturales (bloques de roca, costras cementadas, etc.), o artificiales (escolleras, restos de cimentaciones, etc.) pueden salvarse, cuando son ais-

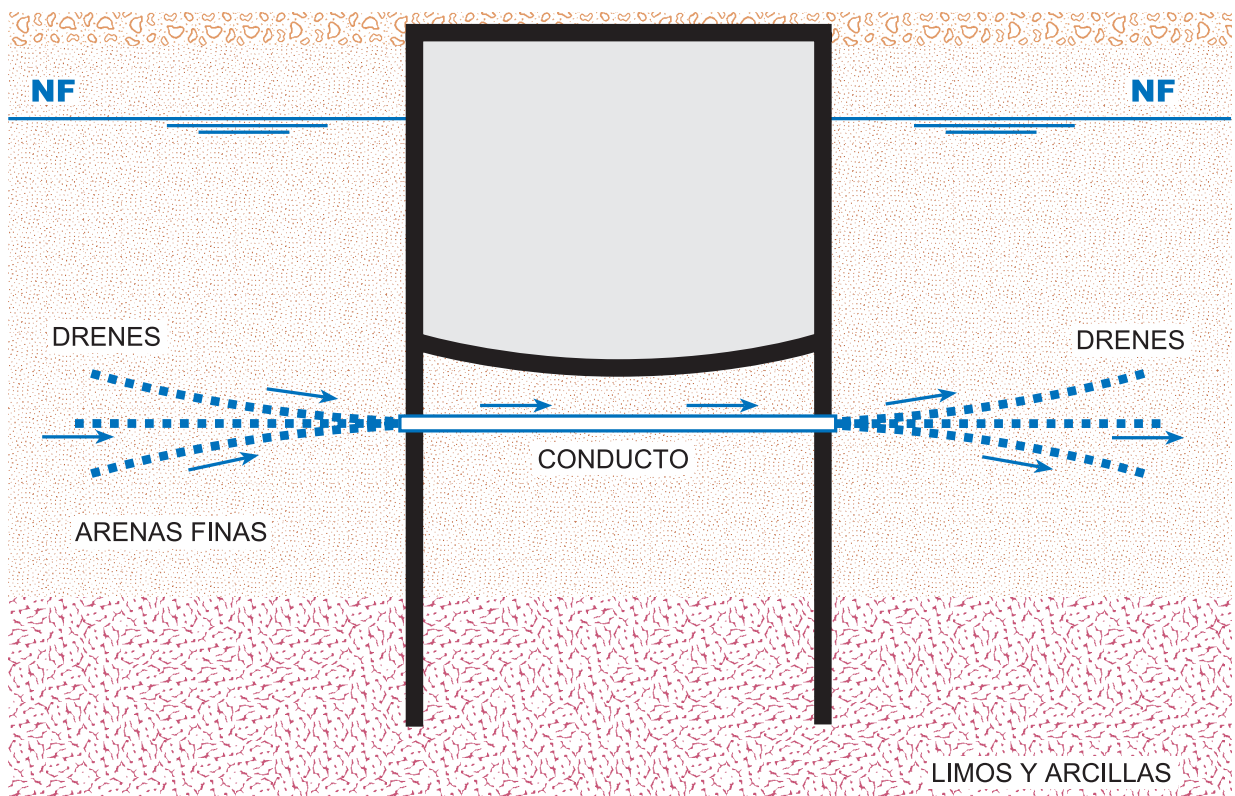


Figura 3.- Sistema de eliminación del efecto barrera hidráulica mediante la disposición de un by pass.

ladas, con el uso de trépano y/o con perforaciones a rotación (preforos o pilotes). Las inestabilidades locales pueden requerir el relleno con mortero pobre y reexcavaciones. Los terrenos muy permeables con constantes muy por encima de 10^{-2} cm/s, como aluviales de bolos y gravas o formaciones kársticas, pueden requerir mejoras previas con inyecciones de viscosidad variable y fraguado o gelificación rápidos. No obstante, según las condiciones de cada caso, puede recurrirse de entrada a pantallas de pilotes secantes, o a la preexcavación con bentonita-cemento de fraguado rápido, y a la posterior reexcavación convencional con hormigón armado.

Los terrenos muy blandos o flojos con agua superficial pueden obligar a una estabilización previa a la excavación de las pantallas, con *jet-grouting* y/o micropilotes cuando se trata de suelos cohesivos, o también con vibroflotación con suelos granulares. En estos casos, la realización de una pantalla con pilotes secantes puede ser una adecuada solución.

La resistencia del terreno ha de ser tenida en cuenta para seleccionar la maquinaria adecuada para la excavación de las pantallas. La Tabla 2 recoge los criterios recomendados por AETESS a este respecto. Esa Tabla resume las posibilidades de utilización de los diferentes tipos de pantallas *in situ* y de equipos para excavarlas, en función de la resistencia a compresión simple del terreno y de la existencia de nivel freático, si bien la decisión final debe considerar otros condicionantes también significativos, como pueden ser los de tipo económicos, el espacio disponible, la accesibilidad o la profundidad máxima del recinto.

Agua freática

El agua freática en el terreno, salvo en suelos cohesivos duros y formaciones rocosas, obliga a la realización de muros-pantalla continuos en el perímetro lateral que deben llevarse por debajo de la máxima profundidad del recinto un tramo suficiente para reducir a valores admisibles el gradiente máximo de filtración (no más de 0,3 a 0,5) para evitar la erosión interna del suelo, “pi-

Tabla 2.- Recomendaciones AETESS para muros-pantalla.

Resistencia media del terreno (kg/cm ²)	Sin nivel freático	Con nivel freático
$q_c < 20$	Pilotes aislados Cuchara	Cuchara
$20 \leq q_c \leq 80$	Pilotes aislados	Cuchara/ preforos Pilotes secantes
$80 \leq q_c \leq 250$	Pilotes aislados Hidrofresa	Cuchara/ preforos/ trépano (intercalaciones) Hidrofresa (marino)
$q_c > 250$	Pilotes aislados Hidrofresa	Hidrofresa

ping”, y disminuir los caudales de infiltración. Además, debe penetrarse de 1 a 2 m en una capa inferior de roca o suelo suficientemente impermeable, o en un “tapón” de fondo construido con jet-grouting o inyecciones.

El agua con sales u otros contaminantes, además de ser agresiva para el hormigón, puede afectar a las propiedades de los lodos convencionales, como es el caso de las aguas de las intrusiones marinas. En ese caso, además de emplear en el hormigón cementos resistentes a los sulfatos o al agua de mar, los lodos deberán confeccionarse con arcillas sepiolíticas y/o adiciones químicas resistentes a la contaminación del agua.

TIPOLOGÍA DE PROCESOS Y SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

Estructura final y fases de obra

Al igual que en los túneles en mina, el análisis del comportamiento de estos procesos constructivos debe incluir, como una parte esencial del mismo, la consideración de las distintas fases que pueda comprender el proceso de ejecución hasta llegar a la configuración final y definitiva de la estructura subterránea.

La selección del procedimiento más adecuado se realiza teniendo en cuenta las características del terreno, las características de la propia obra, y los condicionantes del entorno urbano. Como ya se ha mencionado, en general la secuencia del proceso constructivo comprende dos grandes capítulos o etapas: la realización del muro-pantalla perimetral y de los apoyos interiores, si fueran necesarios, y posteriormente la ejecución del recinto subterráneo con la cubierta y la losa o contrabóveda



REPORTAJES

de fondo, así como el vaciado con el resto de la estructura interior y los arriostramientos temporales o permanentes que sean precisos.

Muro-pantalla perimetral y apoyos interiores

Este muro vertical ha de resistir, con deformaciones admisibles, los empujes horizontales de tierras, agua y estructuras y servicios cercanos, así como transmitir en profundidad las cargas verticales del peso propio y de uso, y ayudar a soportar las subpresiones del agua freática, si las hubiera.

De acuerdo a su forma de construcción pueden clasificarse como: pantallas "in situ", generalmente de hormigón armado que se vierte tras la excavación; y pantallas "prefabricadas" o de "desplazamiento", en las que el hormigón armado prefabricado se introduce en la excavación, o un perfil metálico, tablestaca, se hincan en el terreno con percusión y/o vibración. Este segundo grupo de pantallas prefabricadas y tablestacas es el menos utilizado en medio urbano.

Las pantallas prefabricadas tienen la ventaja de un excelente acabado final de los paramentos interiores, pero se adaptan mal a los cambios en la profundidad y, sobre todo, su peso y la envergadura de las grúas necesarias para su manejo pueden limitar la profundidad máxima de los recintos. Tampoco conviene olvidar el cuidado que exigen las juntas entre paneles, y las dimensiones mínimas que ha de tener el recinto para justificar un proceso de prefabricación.

Las pantallas de tablestacas son sobre todo apropiadas para recintos lineales con profundidades que no rebasen los 10 m, con un procedimiento constructivo que comprenda su funcionamiento temporal con su posterior extracción y reutilización. El terreno ha de permitir su hincan hasta la profundidad requerida, y por tanto no deben existir obstáculos localizados y/o intercalaciones cementadas. La sección resistente constante en toda su longitud suele obligar, con empujes horizontales elevados, a varios niveles de arriostramiento horizontal que pueden comprometer la seguridad, la duración y el coste económico de los trabajos. En las cercanías de estructuras y servicios es necesaria la realización de un cuidadoso estudio de las vibraciones y ruidos producidos por su hincan.



➔ **Fotografía 3.-** Equipos con cucharas para la excavación de muros-pantalla.

Las pantallas "in situ", a su vez, pueden ser continuas, construidas mediante bataches (paneles o pilotes) alternados y machiembados hasta formar un muro continuo; o discontinuas compuestas por pilotes o micropilotes con espacios libres entre ellos, que no son estancas y alcanzan la continuidad estructural por medio de la viga de atado en coronación, los arriostramientos intermedios y la losa de fondo del recinto.

Pantallas continuas

Las pantallas continuas están especialmente indicadas en terrenos con agua freática cercana a la superficie y cuando existen rellenos antrópicos o aluviales de elevado espesor.



➡ **Fotografía 4.-** Equipos con hidrofresa para la excavación de muros-pantalla.

Según el tipo de terreno su excavación se puede llevar a cabo por medio de:

- a) *Cucharas bivalvas de accionamiento hidráulico o con cables.* Cuando existan obstáculos muy resistentes se puede recurrir a su fragmentación con trépano, de uso limitado con edificios adyacentes, o a su debilitamiento con taladros previos o “*preforos*” por medio de equipos de pilotes que permiten a la cuchara retirar los “*tacones*” intermedios.

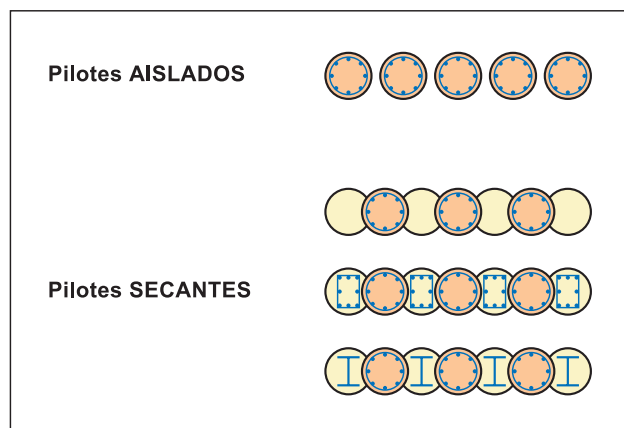
Las juntas entre paneles se conforman con elementos metálicos que se retiran después del hormigonado de cada uno de ellos. Estas juntas

pueden ser circulares o poligonales, pudiendo disponerse en estas últimas una banda “*waterstop*”. La calidad final de estas juntas está ligada a la bondad de la excavación, de los lodos en el hormigonado, de las características del propio hormigón fresco y, sobre todo, de la extracción del elemento metálico encofrante cuando el hormigón tiene una resistencia mínima.

- b) *Hidrofresa*, que atraviesa o se empotra en formaciones rocosas, pudiendo excavar terrenos a grandes profundidades con rendimientos elevados. Tal ha sido el caso en el río Manzanares de Madrid, en las obras de CALLE 30, donde se han alcanzado rendimientos medios semanales acumulados en torno a los 1.000 m² por equipo y semana.

Dada su capacidad para excavar el hormigón los paneles con hidrofresa se ejecutan “*mordiendo*” los paneles contiguos, dando lugar a juntas de gran calidad y sin hacer preciso el empleo de elementos metálicos como en el caso anterior.

- c) *Las pantallas de pilotes secantes* están formadas por pilotes primarios, de mortero u hormigón con o sin armadura, y por pilotes secundarios de hormigón armado que se ejecutan “*mordiendo*” los primarios. Por facilidad en la excavación los pilotes primarios y secundarios suelen ser del mismo diámetro, pero tanto el diámetro como la longitud total pueden ser diferentes según las necesidades de cada caso.



➡ **Figura 4.-** Forma de ejecución de las pantallas de pilotes aislados y secantes.



REPORTAJES

La calidad de las juntas aumenta con la perforación con entubación recuperable; sin embargo, el empleo de esta última puede limitar la máxima profundidad a alcanzar al entorno de los 30 m. Su campo de aplicación en el medio urbano está en los terrenos muy competentes y con agua freática, frente a la cuchara con preforos o la hidrofresa y, sobre todo, cuando no sea posible utilizar lodos tixotrópicos o geles biodegradables, como en las formaciones muy permeables o kárstificadas.

Pantallas discontinuas

Las pantallas discontinuas están compuestas por pilotes o micropilotes, ejecutados de modo alterno dejando espacios libres entre ellos; por consiguiente, son apropiadas para terrenos sin agua freática. En general, los equipos para estas pantallas tienen mayor capacidad de perforación que las cucharas para pantallas continuas, pero menos que la hidrofresa. La disposición de elementos tangentes no es conveniente, pues resulta difícil garantizar su buena ejecución en la práctica. Los micropilotes se suelen disponer "al tresbolillo" para mejorar la inercia del conjunto de la pantalla.

La gran ventaja de este tipo de pantallas es su flexibilidad para adaptarse a las características de cada caso, dada la facilidad de introducir variaciones en el diámetro, las armaduras y longitudes; que permiten una mejor adaptación al trazado en planta y al perfil de la excavación final y/o del terreno.

Sus inconvenientes proceden de la posibilidad de que se produzcan filtraciones procedentes de posibles fugas de las conducciones, frecuentes en el ámbito urbano, y sobre todo, en la peor

calidad del acabado final del paramento interior que suele hacerse con hormigón proyectado armado con mallazos de acero.

Pilas-pilote

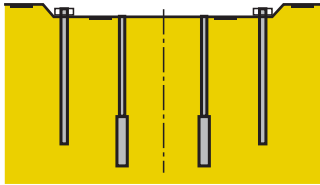
En el caso de recintos con grandes superficies puede recurrirse a la ejecución de soportes interiores para disminuir las luces de la cubierta y los niveles intermedios. Estos soportes se ejecutan junto con las pantallas perimetrales y reciben el nombre de pilas-pilote. Su construcción requiere, además de las operaciones típicas de un pilote de gran diámetro, la adopción de disposiciones especiales ("antepozo" guía y "mesa" de nivelación) para asegurar la correcta colocación del conjunto armadura-pila.

Ejecución del recinto subterráneo

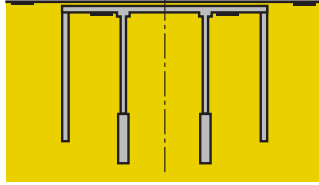
Hoy día suele ser imperativo restituir el emplazamiento de las obras a sus condiciones iniciales lo más rápidamente posible. En estos casos, las pantallas se arriostan en cabeza con la cubierta del recinto, lo que permite excavar por debajo de ella y reponer las condiciones iniciales en la superficie. Si es necesario, puede recurrirse a soportes intermedios sobre pilotes o paneles de pantalla, así como a arriostros intermedios permanentes con forjados o vigas, y/o temporales con anclajes al terreno, celosías metálicas, o bermas de tierras. Además, como ya se ha mencionado, la interferencia con el entorno se disminuye al máximo cuando las pantallas y la cubierta se ejecutan en dos partes consecutivas.



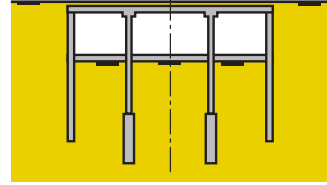
➔ Fotografías 5 y 6.- Pilas-pilote.



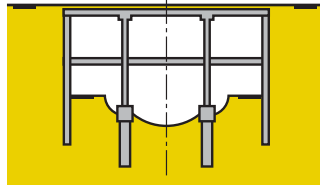
FASE 1:
EXCAVACIÓN HASTA LA PLATAFORMA DE TRABAJO Y EJECUCIÓN DE PANTALLAS Y PILAS-PILOTE.



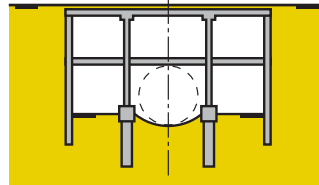
FASE 2:
HORMIGONADO DE LA LOSA DE CUBIERTA Y RELLENO SOBRE ELLA.



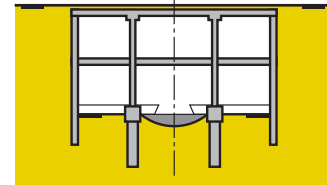
FASE 3:
EXCAVACIÓN HASTA LA COTA INFERIOR DE LA LOSA DE VESTÍBULO Y CONSTRUCCIÓN DE LA MISMA.



FASE 4:
DEJANDO BERMAS PERIMETRALES DE TIERRAS, EXCAVACIÓN HASTA LA COTA INFERIOR DE LA CONTRABÓVEDA Y CONSTRUCCIÓN DE LA MISMA.



FASE 5:
RETIRADA DE LAS BERMAS POR BATACHES Y CONSTRUCCIÓN DE LA SOLERA. PASO DEL ESCUDO A LO LARGO DE LA ESTACIÓN.



FASE 6:
UNA VEZ QUE HA PASADO EL ESCUDO, RELLENO DE HORMIGÓN SOBRE LA CONTRABÓVEDA Y CONSTRUCCIÓN DE LOS ANDENES.

Figura 5.- Ejemplo de un procedimiento de ejecución ascendente-descendente de una estación de metro.



Fotografías 7 y 8.- Arriostramientos intermedios con vigas y contrafuertes.



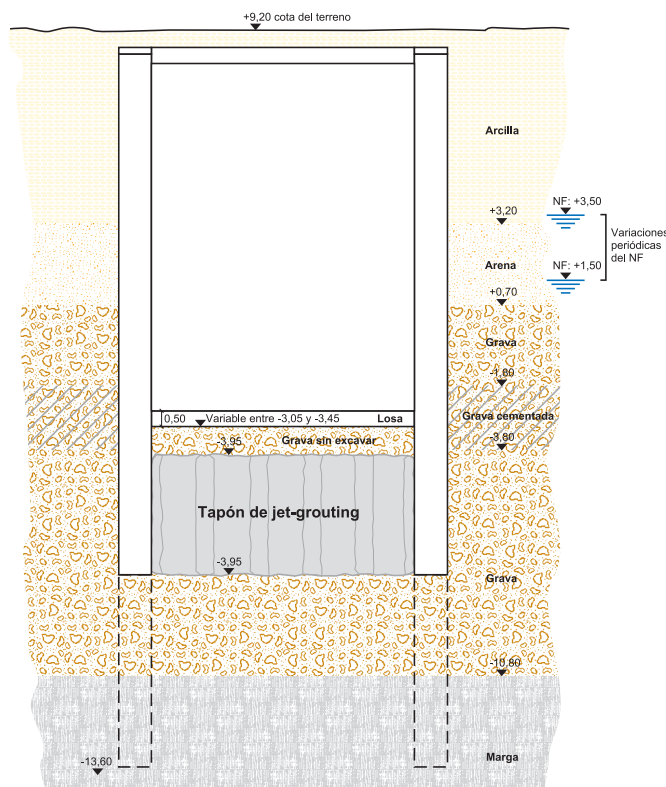
Fotografías 9 y 10.- Voladizos con pantallas y pilotes.



REPORTAJES



⇒ **Fotografías 11 y 12.-** Arriostramientos con anclajes y celosías.



⇒ **Figura 6.-** Ejemplo de un portillo con tapón de jet grouting.

Cuando exista necesidad de grandes espacios diáfanos, como en los pozos de ataque o extracción para tuneladoras, las pantallas pueden trabajar en voladizo si el terreno y el entorno lo permiten; de no ser así, pueden disponerse contrafuertes en la pantalla o anclajes al terreno.

Cuando se trate de recintos de dimensiones reducidas, como pozos para instalaciones y pozos auxiliares para la obra, es muy frecuente arriostar con marcos de hormigón armado, comenzado por el formado por la viga de coronación.

Como ya se ha mencionado, en terrenos con agua debe tenderse a configurar un recinto con estanqueidad suficiente para excavar su interior y ejecutar la losa o contra-bóveda de fondo en condiciones viables y seguras para el entorno, sobre todo cuando hay edificios y servicios adyacentes. La mejor solución es empotrar las pantallas en una capa que sea continua e impermeable por debajo del fondo del recinto. En general, aún en estos casos las losas drenadas pueden no funcionar bien a largo plazo, pues

los caudales a evacuar pueden incrementarse significativamente con el tiempo por oscilaciones de la recarga y/o de los niveles piezométricos, o por fenómenos de erosión interna en las vías preferenciales que suelen existir en el terreno. En todo caso, debe disponerse siempre una contra-bóveda resistente a la subpresión, a menos que el terreno de fondo tenga asegurada una permeabilidad claramente inferior a 10^{-5} cm/s (1 unidad Lugeon).

Cuando no existan capas impermeables será necesario profundizar las pantallas para disminuir el gradiente hidráulico y los caudales de filtración a valores admisibles, disponer pozos de bombeo para un rebajamiento exterior o interior al recinto, o recurrir a la construcción de un "tapón" inferior con jet-grouting o inyecciones. Las soluciones con pozos de bombeo deben limitar la velocidad en el terreno del agua captada a no más de 20 mm/min para evitar que se produzcan arrastres. Los taponos de jet-grouting, además de la estanquidad, proporcionan un arriostramiento horizontal que puede permitir acortar la longitud de las pantallas.

GRANDES OBRAS CIVILES EN MADRID EN EL PERÍODO 2003-2007

Los sistemas constructivos con pantallas para obras subterráneas son un método frecuente en la ciudad de Madrid, tanto en las obras de edificación como en las obras civiles para las infraestructuras hidráulicas y del transpor-

Tabla 3.- Cifras de la Ampliación del Metro 2003-2007 en Madrid.

CONCEPTO	CANTIDADES
Superficie total de pantallas	425.000 m ²
Con cuchara	395.000 m ² (93%)
Con hidrofresa	20.000 m ² (4,7%)
Con preforos	10.000 m ² (2,3%)
Longitud total de pilotes	420.000 m
Secantes	1.000 m (0,2%)
Pilas - pilote	6.000 m (1,5%)
Resto	413.000 m (98,3%)
Equipos con cuchara	48
Hidrofresa	2
Equipos auxiliares	36
Pilotes y preforos	25
Período principal: 12/2004 a 9/2005	

te, y en especial, han representado una proporción muy significativa entre los procedimientos empleados en las obras del período 2003-2007 correspondientes a la Ampliación del Metro, realizada por MINTRA del Gobierno Regional, y a la gran remodelación de la red viaria, a cargo de CALLE 30 del Ayuntamiento de Madrid.

Estos dos últimos conjuntos de obras, por su magnitud, singularidad y ritmo de ejecución, han constituido, sin duda, dos de los mayores hitos de la ingeniería civil a escala internacional.

Ampliación del Metro de Madrid 2003-2007

Esta última Ampliación del Metro comprende actuaciones tanto en las Líneas de Metro convencional, como en las nuevas

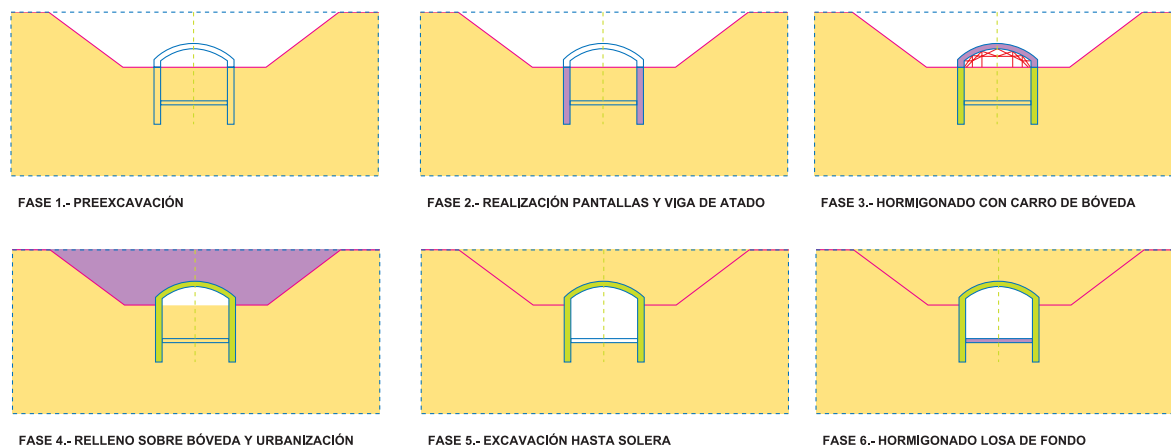


Figura 7.- Fases constructivas de túnel con muros-pantalla.



REPORTAJES



⇒ **Fotografía 13.-** Estación con estampidores y pilas-pilote.

Líneas de Metro Ligero, con un longitud total de más de 83 km, de los cuales 65 km tienen trazado subterráneo, un tercio de los cuales (unos 20 km) han utilizado las pantallas como método constructivo.

La Tabla 3 resume las excepcionales cifras correspondientes a las pantallas de esta Ampliación del Metro, que en general han alcanzado profundidades máximas de 25 a 35 m con espesores de 0,8 a 1,0 m en las continuas, y diámetros de 1,5 a 2,5 m para las pilas-pilote, con profundidades por debajo de los 40 m.

La superficie total construida con pantallas continuas ha sido de unos 425.000 m², de los cuales el 5% ha sido ejecutado con hidrofresa, y el resto con cuchara convencional sin o con la ayuda de "preforos". La longitud total de pilotes en pantallas y pilas ha sido también de una magnitud totalmente extraordinaria, pues ha ascendido a unos 420.000 m.

En consonancia con las cifras anteriores, durante el período principal de las obras, entre diciembre de 2004 y septiembre de 2005, han sido necesarios 48 equipos convencionales con cuchara, 2 hidrofresas, 36 grúas auxiliares y 25 equipos de pilotes.

En general, con estos sistemas con pantallas se han construido tramos de túnel así como la totalidad de las estaciones subterráneas, donde además se han solido utilizar pilas-pilote como apoyos interiores y losas o estampidores como arriostramientos horizontales intermedios entre la cubierta y el fondo.

Así mismo, se ha recurrido a ellos para los pozos tanto para instalaciones permanentes, como auxiliares para los otros métodos de excavación en mina o con tuneladoras. En estos casos, según las necesidades de diafanidad, se han recurrido a arriostramientos con anclajes temporales al terreno o con estampidores de hormigón armado.



⇒ **Fotografías 14 y 15.-** Pozo con pilotes y estampidores.



Fotografía 16.- Actuaciones de CALLE 30 en Madrid.



Fotografía 17.- Complejidad de algunas de las actuaciones, como la del nudo del Puente del Rey.

Actuaciones de CALLE 30 en 2003-2007

Tal como puede observarse en la Fotografía 16, esta remodelación viaria abordada por el Ayuntamiento de Madrid ha comprendido diecinueve actuaciones, todas ellas con obras subterráneas, lo que ha supuesto un reto de magnitud extraordinaria al igual que la Ampliación del Metro.

Tabla 4.- Cifras de las actuaciones de la zona oeste de CALLE 30 en Madrid.

CONCEPTO	CANTIDADES
Superficie total de pantallas	700.000 m ²
Con cuchara	645.000 m ² (92%)
Con hidrofresa	55.000 m ² (8%)
Longitud total de pilotes	60.000 m
Equipos con cuchara	45
Hidrofresa	1
Equipos auxiliares	34
Pilotes	24
Período principal: 5/2005 a 9/2006	



Figura 8.- Sección tipo en la Avenida de Portugal. CALLE 30. Madrid.

Los métodos constructivos con pantallas han sido especialmente útiles en las obras de la zona oeste de Madrid, tanto por el terreno, que en gran parte corresponde al entorno del cauce del río Manzanares, como por la complejidad de las estructuras a realizar.

Las grandes cifras de las pantallas en estas actuaciones se han recogido en la Tabla 4. La superficie total de pantallas continuas ha sido de unos 700.000 m², de los cuales el 8%, unos 55.000 m², se ha ejecutado con hidrofresa, mientras que en el resto se han utilizado cucharas bivalvas. La longitud total de pilotes ha superado los 60.000 m. Durante

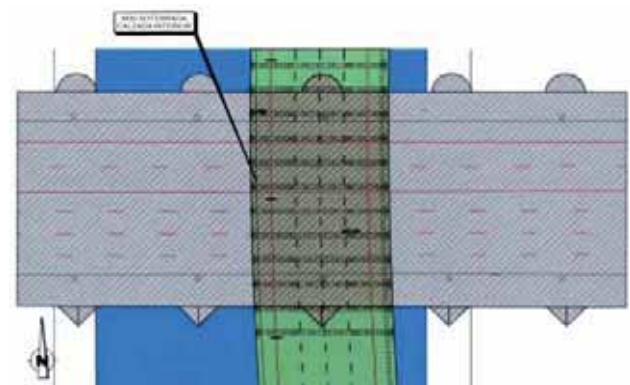
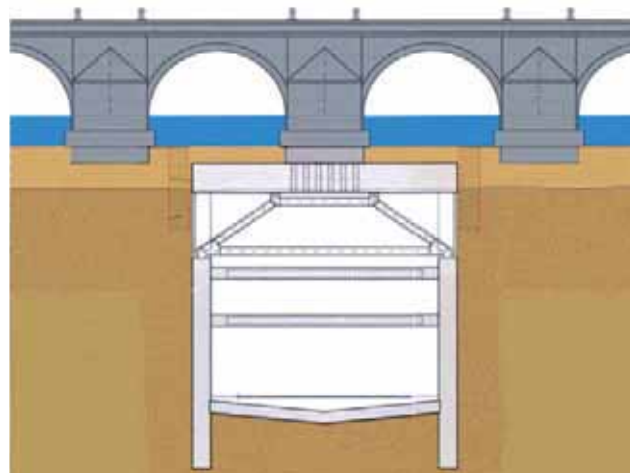


Figura 9.- Sección bajo pila del puente de Segovia. CALLE 30. Madrid.



REPORTAJES

el período principal de las obras, entre mayo de 2005 y agosto de 2006, han sido necesarios 45 equipos con cuchara, una hidrofresa, 34 grúas auxiliares y 24 equipos de pilotes. Todas ellas son cifras extraordinarias que corroboran la excepcionalidad de las obras.

Las dimensiones y profundidades máximas de las pantallas y pilas-pilote han sido similares a las de la Ampliación del Metro, así como, en general los procedimientos constructivos asociados a ellas. No obstante, en algunos casos se han necesitado equipos y/o procedimientos especiales, por los condicionantes singulares del entorno como en los túneles bajo los arcos del Puente de Toledo, o bajo una de las pilas del Puente de Segovia.

AGRADECIMIENTOS

El autor desea mostrar su agradecimiento a los equipos técnicos de CALLE 30 del Ayuntamiento de Madrid, y de MINTRA de la Comunidad Autónoma de Madrid, encabezados respectivamente por los Doctores Ingenieros Manuel Melis y Jesús Trabada, por su colaboración para disponer y hacer pública una parte de la ingente información técnica que han proporcionado las excepcionales obras de ingeniería civil que ellos han dirigido con un éxito reconocido en el ámbito español e internacional. ■



➔ **Fotografías 18, 19 y 20.**- Sección de túnel en el río Manzanares durante la ejecución y una vez finalizado.



➤ **Fotografía 21.-** Vista general de la ejecución de pantallas en el río Manzanares, donde puede apreciarse la concentración de equipos trabajando.



➤ **Fotografía 22.-** Recreación de la situación futura en el río Manzanares una vez que finalicen las actuaciones de CALLE 30.



REPORTAJES

CIMENTACIONES PROFUNDAS

Jesús Jiménez Almonacid – Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. INECO.

Este artículo quiere, de alguna manera, dar una información básica y sencilla sobre una forma de cimentación que comienza a utilizarse de forma generalizada, tanto en obra civil como en edificación, gracias al desarrollo de equipos y maquinaria de gran potencia y a la generalización en el uso de armaduras industrializadas, que hacen muy competitiva esta solución frente a otras soluciones alternativas.

El Documento Básico DB-SE Cimientos considera que una cimentación es profunda si su extremo inferior en el terreno está a una profundidad superior a 8 veces su diámetro o su ancho. Además, recomienda expresamente el uso de este tipo de cimentación siempre que las superficiales (zapatas, emparrillados, losas, pozos de cimentación) no sean técnicamente viables.

EL ESTUDIO GEOTÉCNICO

La viabilidad de un tipo de cimentación u otro ha de basarse siempre en el correspondiente estudio geotécnico, tanto en edificación como en obra civil. Hasta la aprobación, en marzo de 2006, del Código Técnico de la Edificación el estudio geotécnico era un requisito legal imprescindible, pero cuyo contenido y alcance no estaba suficientemente definido. En estos momentos, el contenido de estos estudios está claramente especificado (artículo 3.3 del DB-SE-C), debiéndose indicar las distintas posibilidades de cimentación —si es que existen varias— suficientemente definidas, con los parámetros geotécnicos del terreno necesarios para poder realizar los correspondientes cálculos estructurales. Estos parámetros (ángulo de rozamiento, cohesión, resistencia a compresión simple, etc.) se obtienen a partir de los ensayos geotécnicos realizados sobre muestras del terreno, y determinan los datos de partida: tensión admisible del terreno, resistencia por punta y por fuste, etc.

Las posibilidades de cimentación, dentro de un mismo proyecto, pueden ser varias, y es aquí donde intervienen una serie de variables que deberán ser convenientemente valoradas a la hora de decidir la elección final. Así, por ejemplo, un caso sería el siguiente: un estudio geotécnico recomienda una cimentación profunda de una edificación mediante pilote de extracción (pilote *in situ*) y, sin embargo, se opta finalmente por pilote prefabricado (hincado) debido a la naturaleza del terreno a atravesar —no existen bolos ni fragmentos de roca en el subsuelo—, a los plazos de suministro de material —son demasiado largos— y a los costes de ejecución —ahorro de transporte de tierras a vertedero—.

Por supuesto, se trata de un ejemplo, y cada caso concreto tendrá sus particularidades, y habrá que estudiar si existe la posibilidad temporal y económica. Es en este punto donde las empresas especializadas en el sector intervienen, aconsejando la opción más adecuada, mediante sus departamentos de estudios y ofertas.

Por último, hay que tener siempre presente que, en ocasiones, una campaña geotécnica complementaria que ayude a clarificar la decisión final puede ser más económica que optar directamente por la recomendación inicial del estudio geotécnico.

TIPOLOGÍA

Las cimentaciones profundas (pilotes) pueden clasificarse atendiendo a muy distintos parámetros: forma de trabajo, material componente o procedimiento constructivo.

El material gráfico de este artículo ha sido facilitado por la empresa TERRATEST, Técnicas Especiales, S.A.

Atendiendo a su forma de trabajo, los pilotes se clasifican en:

- **pilotes por fuste o flotantes**, que transfieren la carga al terreno por rozamiento a través de su fuste;
- **pilotes por punta o pilotes columna**, en los que la carga se transmite a través de la punta del pilote, insertada en un estrato de terreno competente.

En función del material componente del pilote, estos se clasifican en:

- **pilotes de hormigón *in situ***, ejecutados mediante una excavación previa, mediante desplazamiento del terreno o con técnicas mixtas;
- **pilotes prefabricados** de hormigón armado o pretensado;
- **pilotes de acero**, consistentes en secciones tubulares o perfiles en doble U o en H, hincados con adecuadas protecciones de la punta (azuches);
- **pilotes de madera**, empleados fundamentalmente en zonas blandas como apoyo de estructuras con losa o terraplenes;
- **pilotes mixtos**, constituidos por una sección tubular de acero rellena de mortero de cemento.

Por último, atendiendo a su procedimiento constructivo, la clasificación de los pilotes sería la siguiente:

- **pilotes prefabricados hincados:**
 - por vibración,
 - por percusión o golpes de maza,
 - de un único tramo o de varios tramos;
- **pilotes hormigonados *in situ*:**
 - de desplazamiento con azuche,
 - de desplazamiento con tapón de gravas,
 - de desplazamiento por rotación,
 - de extracción con entubación recuperable,
 - de extracción con camisa perdida,
 - de extracción sin entubación con lodos tixotrópicos,

- barrenados sin entubación,
- barrenados y hormigonados a través del tubo central de la barrena.

A continuación se van a describir con un mayor detalle los pilotes de extracción (o pilote *in situ*) y los pilotes prefabricados hincados.

PILOTE DE EXTRACCIÓN O PILOTE *IN SITU*

Los pilotes *in situ* se ejecutan en excavaciones previas realizadas en el terreno. Estas excavaciones pueden llevarse a cabo mediante cuchara o bien mediante hélice, dependiendo de la tipología del terreno a atravesar. Esta tipología determinará también si es preciso proceder a una entubación o no, y si ésta es recuperable o debe darse por perdida. Como norma general, con la hélice se mejoran los rendimientos pero no se pueden alcanzar longitudes tan grandes como con la cuchara, y hay que tener la seguridad de que el terreno se puede atravesar con la potencia de la hélice.

Pilote de extracción con entubación recuperable

Con cuchara

Especialmente indicada cuando deben atravesarse terrenos difíciles con presencia de bolos y capas de roca. En ellos se utiliza el trépano para demoler los bolos o las capas de roca y la cuchara para retirar el detritus originado. Los pilotes ejecutados por este procedimiento pueden llegar a alcanzar grandes diámetros (850 a 2.500 mm) y longitudes.



➡ **Fotografía 1.-** Colocación de la armadura en un pilote de extracción.



REPORTAJES



➔ **Fotografía 2.-** Detalle del solape y colocación de la armadura en un pilote de extracción.

La primera fase de su ejecución consiste en la colocación del tubo mediante entubadora, para proceder posteriormente a la excavación mediante cuchara. Una vez efectuada la excavación se procede a colocar la armadura en el interior de la zona entubada, procediéndose inmediatamente a su hormigonado. Durante este proceso se procede a extraer la tubería para recuperarla.

Con hélice

Este tipo de pilotes es aplicable en todo tipo de suelos en los que no exista la presencia de grandes bolos. Se trata de una

perforación sin vibraciones con mínimos consumos de hormigón. Los diámetros más usuales están comprendidos entre 650 y 2.500 mm.

Pilote de extracción con camisa perdida

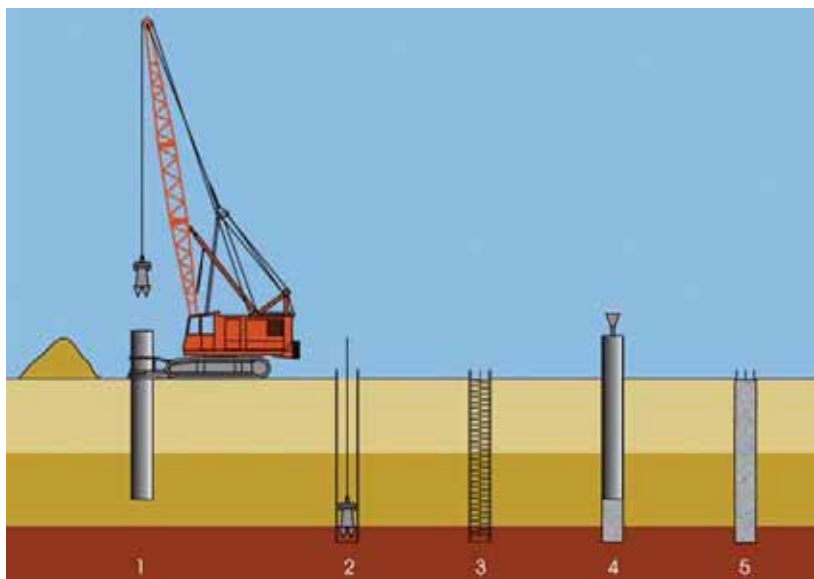
Este tipo de pilote se emplea cuando el subsuelo obliga a situar una camisa metálica perdida en el pilote, en terrenos que son muy permeables, con circulación de agua —por ejemplo, la cimentación en el cauce de un río—, en medios agresivos para los hormigones o en terrenos con cavidades, como es el caso de formaciones kársticas, colectores, etc. Su uso se hace obligatorio cuando la cimentación se hace en medio líquido, como puertos o pantanales, utilizándose como encofrado perdido bajo el calado.

La camisa perdida se emplea, además, como entubación auxiliar en la perforación, o bien colocada junto con la armadura. Realizada la excavación y antes del hormigonado la camisa perdida se introduce en la entubación, situándola en la posición prevista en proyecto. La camisa ha de permanecer suspendida desde la boca de perforación hasta la terminación de las operaciones de hormigonado.

Pilote de extracción sin entubación con lodos

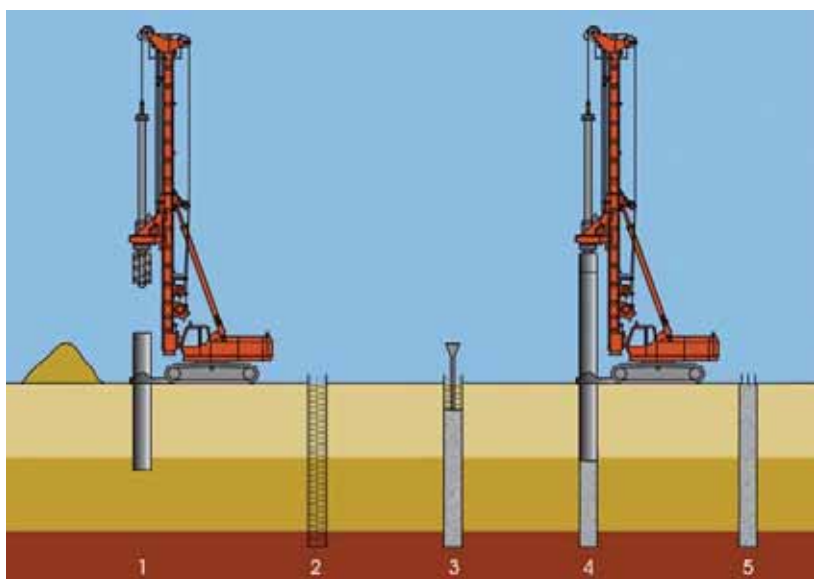
Este tipo de pilote se emplea en todo tipo de terrenos susceptibles de estabilizarse con lodos bentoníticos, es decir, cuando se atraviesan capas blandas de terreno no coherente. Sin embargo, hay que advertir que la técnica de los lodos fracasa cuando hay que atravesar horizontes de gran permeabilidad, como escolleras, bloques, grava muy gruesa sin finos, etc. En estos casos el lodo se pierde por el terreno sin llegar a formar el *cake* en la pared, que es el elemento imprescindible para la contención de ésta.

Para la perforación se puede emplear tanto cuchara como hélice, mejorando los rendimientos si existe la posibilidad de empleo de este último sistema.



- 1.- Colocación de tubería mediante entubadora.
- 2.- Excavación simultánea mediante cucharas y trépano.
- 3.- Colocación de la armadura.
- 4.- Hormigonado y extracción de tubería.
- 5.- Pilote terminado.

Figura 1.- Pilote in situ ejecutado con cucharas y entubación recuperable.



- 1.- Excavación con cazo o hélice conteniendo las paredes de la perforación mediante tubería metálica recuperable.
- 2.- Colocación de la armadura.
- 3.- Hormigonado con tubo tremie.
- 4.- Extracción simultánea de la tubería de revestimiento.
- 5.- Pilote terminado.

Figura 2.- Pilote in situ ejecutado mediante rotación y entubación.

Los diámetros que se alcanzan están comprendidos entre 850 y 2.600 mm, en el caso de que se utilicen cucharas, y algo inferiores si se utiliza la hélice (650 a 2.600 mm).

Pilote de extracción barrenado sin entubación

También denominado "rotación en seco", es muy típica su utilización en la Comunidad de Madrid ya que es aplicable en terrenos estables. Al tratarse del sistema por rotación la perforación se lleva a cabo

prácticamente sin vibraciones, con diámetros comprendidos en el intervalo 450-2.600 mm.

Dentro de esta tipología existen dos tipos, conocidos por su denominación en las Normas Básicas: CPI-7 y CPI-8. La diferencia entre ambos radica en la ejecución, ya que mientras que en el CPI-7 se coloca primero la armadura, mediante grúa, y después se hormigona, en el CPI-8 se hormigona la perforación, y después se introduce "hincando" en el hormigón la armadura, con la correspondiente disminución en la calidad del pilote por



REPORTAJES

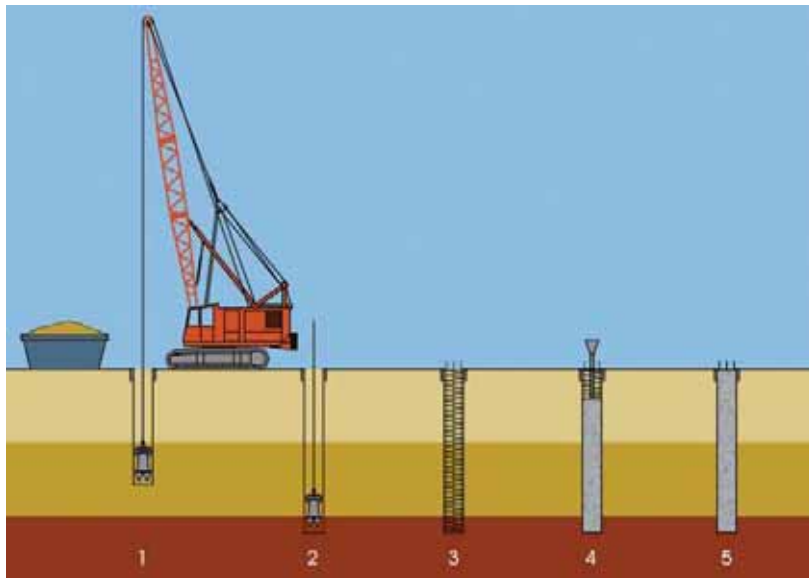


Figura 3.- Pilote in situ realizado con cuchara y lodos.

- 1.- Excavación con cuchara estabilizando la perforación con lodos.
- 2.- Cambio de lodo contaminado si procede y limpieza del fondo del pilote.
- 3.- Colocación de la armadura.
- 4.- Hormigonado del pilote mediante tubo tremie y recuperación del lodo (desarenado).
- 5.- Pilote terminado.

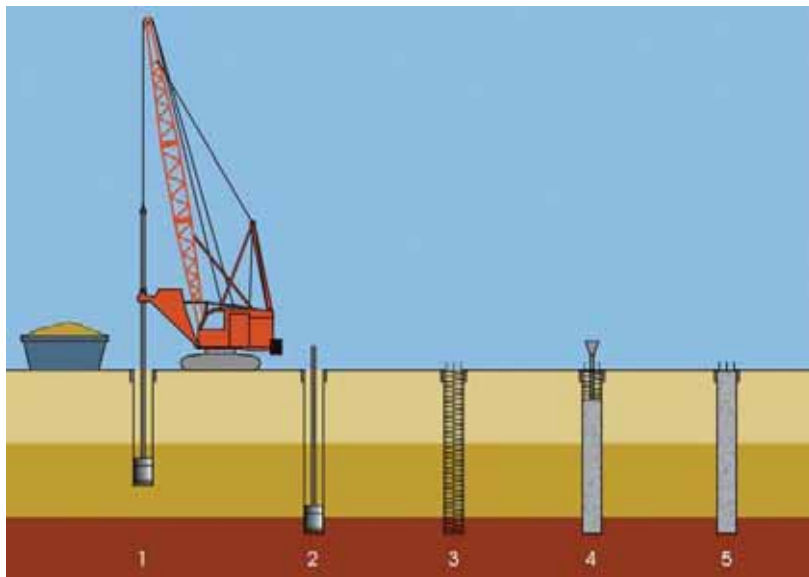


Figura 4.- Pilote in situ ejecutado con rotación y lodos.

- 1.- Perforación con hélice o cazo estabilizando la perforación con lodo.
- 2.- Limpieza del fondo con cazo o *air lift* y cambio de lodo contaminado si procede.
- 3.- Colocación de la armadura.
- 4.- Hormigonado con tubo tremie y recuperación del lodo (desarenado).
- 5.- Pilote terminado.

la falta de control en el recubrimiento y por la longitud limitada (entre 4 y 8 m) que pueden tener las armaduras utilizadas en este último procedimiento.

NOCIONES DE CÁLCULO

Por último, y para terminar esta breve exposición del pilote de extracción, sólo cabe decir que el máximo aprovechamiento del pilote se consigue cuando la resistencia estructural del mismo se asemeja a la carga geotécnica admisible, obtenida a partir de las resistencias unitarias por punta y por fuste del

terreno determinadas, como ya se ha indicado, en el estudio geotécnico correspondiente. Esta optimización se consigue haciendo variar las longitudes y los diámetros utilizados.

Además, todos los pilotes de extracción van armados con acero corrugado mediante una armadura longitudinal constituida por barras dispuestas uniformemente en el perímetro de la sección, y otra armadura transversal constituida por cercos también de acero

corrugado. Todas las variables (diámetro, longitud y paso en la armadura transversal) estaban definidas por la NTE-CPI, mientras que en la nueva situación del CTE es preciso proceder a su cálculo.

A continuación, se muestra una tabla con las resistencias estructurales de los pilotes *in situ* según la norma NTE-CPI, trabajando el hormigón a 35 t/m² (0,35 N/mm²).

Diámetro (mm)	350	450	550	650
Resistencia estructural (kN)	337	557	835	1.163

PILOTE PREFABRICADO HINCADO

La característica técnica fundamental que diferencia a los pilotes prefabricados hincados respecto a los de extracción es que los hincados trabajan a tope estructural, es decir que suponemos que la carga que resisten es la que soporta el pilote como elemento estructural, y su longitud es función de la profundidad de “rechazo”, profundidad límite del pilote. La dificultad esencial de este sistema, aparentemente ventajoso respecto al otro tipo, es su incapacidad para atravesar horizontes competentes (por ejemplo, niveles de gravas o yesos).

Las características técnicas más habituales de los diferentes fabricantes de estos pilotes se resumen a continuación:

- Soportan esfuerzos verticales en torno a 12,5 N/mm² (clara diferencia con respecto al pilote de extracción).
- Fabricados con HA-45 (45 N/mm²).
- Se emplea cemento resistente a los sulfatos (SR), normalmente del tipo CEM I 42,5 SR.
- Armados longitudinalmente con 4 u 8 barras de acero corrugado del tipo B 500 S o B 500 SD.
- Zunchados con armadura transversal de los tipos B 500 S o B 500 SD con paso de 16 cm reduciéndose en los extremos a 8 cm.



Fotografía 3.- Junta de pilote prefabricado.

- La hincada se realiza mediante equipos de caída libre, por medio de una maza de 6 toneladas elevada mediante cable o accionamiento hidráulico.

A continuación se muestra el siguiente cuadro de características técnicas:

Sección teórica (cm²)	400	552	729	900	1.225	1.600
Armadura longitudinal B 400 SD B 500 SD	4ø16	4ø16	4ø20	4ø20	8ø16	8ø20
Armadura transversal B 400 SD B 500 SD	ø6 a 16 cm	ø6 a 16 cm	ø6 a 16 cm	ø6 a 16 cm	ø6 a 16 cm	ø6 a 16 cm
Tope estructural (kN)	500	710	940	1.150	1.540	2.010



REPORTAJES

Además, para entender la ejecución de estos pilotes hay que considerar los siguientes conceptos:

Junta de pilote prefabricado

La junta es el elemento que permite la unión de diferentes tramos de pilotes para alcanzar la profundidad necesaria. Está calculada para resistir esfuerzos mayores incluso que la propia sección tipo del pilote. Se fabrican tramos desde una longitud mínima de 5 m hasta una máxima de 12 m. En la Fotografía 3 se puede apreciar una conexión de este tipo, en la que el hormigón queda cubierto por una chapa de acero taladrada que quedará sellada con topes. Además, en el extremo inferior el pilote lleva incorporado un azuche metálico.

Descabezado de pilotes

Los descabezadores agilizan los trabajos de demolición de la longitud del pilote necesaria para la conexión de los mismos con los encepados, quedando así la longitud suficiente de armadura para el anclaje del encepado de forma análoga a como sucede en una conexión habitual pilar-zapata. Técnicamente están desarrollados para no dañar la estructura del pilote y son operados mediante una retroexcavadora hidráulica giratoria. El proceso es como se observa en las Fotografías 4 a 7.



➔ Fotografía 4.- Pilote hincado.



➔ Fotografía 5.- Pilote descabezado.

Una de las grandes ventajas con que cuenta el pilote prefabricado con respecto al pilote de extracción es, como sucede con todos los elementos de este tipo usados en construcción, el mayor control al que se ve sometido, tanto en sus condiciones de armado, de geometría, como de control de las características del hormigón utilizado.

Además, el pilote prefabricado lleva asociada una instrumentación para realizar un seguimiento en obra mediante medida de rechazo (profundidad a la cual no se puede ni se debe hincar más el pilote), pruebas estáticas de carga, analizador de hincas de pilotes (AHP), analizador de integridad de pilotes (AIP), control de vibraciones, etc., lo cual repercutirá en la mejora de la calidad del producto.

CONCLUSIONES

Para finalizar, no queda más que añadir que, aunque parezca obvio, en el caso de tener cualquier dificultad en la decisión final sobre la elección de una tipología concreta de cimentación profunda, es muy recomendable seguir las indicaciones de las empresas especializadas en este tipo de aplicaciones, de manera que prevalezcan los criterios técnicos mínimos exigibles en primer lugar y después los económicos, como es deseable en cualquier especialidad dentro del ámbito de la construcción. ■



➔ Fotografía 6 y 7.- Conexión con encepado.



CONTROL DE INTEGRIDAD DE PILOTES *IN SITU*

Alain Nouet – In Situ auscultación e instrumentación.

En numerosas ocasiones el terreno superficial no resulta capaz de soportar una cimentación directa. Ello ocurre cuando las capas superficiales son de fango, de turba, de arcilla blanda o, en general, cuando son de materiales poco resistentes y muy compresibles. Si la cimentación fuese ejecutada directamente sobre estos terrenos se producirían asientos incompatibles con la estabilidad de la estructura.

En estas condiciones, se busca el terreno resistente a una cierta profundidad. Se ejecutan entonces cimentaciones profundas mediante pilotes que atraviesan los terrenos malos hasta encontrar el terreno adecuado para llevar las cargas (Figura 1).

Los pilotes pueden ser de dos tipos: hincados (prefabricados) o perforados (moldeados). Los pilotes hincados son de hormigón armado o de metal y se hincan mediante golpeo.

Cuando los pilotes tienen que soportar cargas importantes la sección debe ser grande y no resulta ya posible emplear pilotes prefabricados, demasiado pesados y difíciles de manejar. En estos casos se ejecutan pilotes moldeados, es decir, que tras perforar el terreno hasta la profundidad deseada se rellena la perforación con hormigón armado o sin armar. El pilote se ha ejecutado *in situ*.

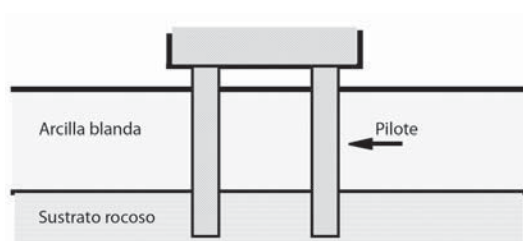


Figura 1.

PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN DE PILOTES *IN SITU*

Una vez conocidas las principales características del subsuelo mediante un estudio geotécnico previo, el proyecto analiza los condicionantes estructurales para definir la cimentación; en particular, el tipo de pilotes *in situ* a ejecutar, su profundidad y su diámetro. Para su ejecución, las operaciones a seguir son básicamente las siguientes:

- 1º.- perforación,
- 2º.- colocación de las armaduras,
- 3º.- hormigonado.

En el caso de los pilotes "CPI-8" el orden de los puntos 2º y 3º se invierten. El vertido del hormigón se realiza por el interior de la propia barrena de perforación a medida que se va extrayendo y las armaduras se hincan posteriormente en el hormigón fresco.

Perforación

Se ha de elegir una máquina de pilotar con el tamaño y la potencia suficiente en función de las profundidades y del material a perforar. Asimismo, se debe elegir el útil de perforación (cazo, hélice, cuchara, trépano, etc.) más eficaz y mejor adaptado a los terrenos que se van a atravesar.

Si fuese necesario contener las paredes de la excavación durante la perforación, se ha de prever un sistema de entubación (p.e. camisa) recuperable o perdida, el empleo de lodos estabilizadores (p.e. bentonita), etc.

Armaduras

Básicamente, el tamaño de las armaduras a realizar será determinante para saber si se traen armaduras montadas en taller o si éstas deben montarse *in situ*.



REPORTAJES

Si el espacio físico de la obra es pequeño o si los pilotes a ejecutar llevan una armadura con un diseño estándar y de poca longitud (en torno a los 10/12 m como máximo) es posible que resulte más rentable preparar las armaduras en taller y transportarlas a obra en función del ritmo de ejecución de los pilotes.

En general, si las armaduras son de gran tamaño y peso se suelen montar en la propia obra. No es excepcional que las armaduras se tengan que realizar en varios tramos que se unen entre ellos en la obra, según se van colocando en la perforación que en ocasiones puede superar los 25 ó 30 metros (Fotografía 1).

Se ha de insistir en que las armaduras que se emplean en cimentación requieren de una atención especial ya que quedarán ocultas en el subsuelo, embebidas en el hormigón. Deben mantenerse limpias y no sufrir deformaciones durante su manejo y colocación dentro de la perforación, adoptándose las medidas oportunas para garantizar también su recubrimiento.

Hormigonado

El vertido debe ser continuado y se debe realizar en vertical en el centro de la perforación mediante un tubo para que no choque contra la armadura ni las paredes de la perforación. En caso de presencia de agua



➔ **Fotografía 1.-** Izado de armaduras para su colocación dentro de la perforación.

en la perforación, se emplea un tubo "tremie". Este tubo debe bajar hasta el fondo de la excavación para iniciar el hormigonado, y debe permanecer introducido en el hormigón una profundidad mínima hasta finalizar este proceso.

El hormigón debe recubrir las armaduras y asegurar la "continuidad" del pilote.

CONTROL DE INTEGRIDAD DE PILOTES *IN SITU*

El pilote hormigonado *in situ* queda oculto en el terreno y se requieren métodos que permitan comprobar su integridad. Se trata de métodos indirectos llamados ensayos de auscultación.

Las técnicas de auscultación de cimentaciones profundas más usuales en España y para las cuales existen nombres propios definidos por normas en otros países son tres:

- a) Transparencia sónica
 - *Ultrasonic crosshole* ASTM D 6760-02 (Estados Unidos).
 - *Transparence sonique* AFNOR NF P 94-160-1 (Francia).
- b) Eco
 - *Pulse echo method* ASTM D 5882-96 (Estados Unidos).
 - *Méthode par reflexion* AFNOR NF P 94-160-2 (Francia).
- c) Impedancia mecánica
 - *transient response method* ASTM D 5882-96 (Estados Unidos).
 - *impédance mécanique* AFNOR NF P 94-160-4 (Francia).

En la norma americana ASTM los dos últimos métodos se presentan en el epígrafe *low strain integrity testing*, ofreciendo el método de impedancia mecánica un análisis más completo y más fiable que el método del eco. Las normas francesas limitan el ámbito de aplicación de estos métodos a pilotes de diámetro inferior a 1.000 mm.



Fotografía 2.- Tubos de auscultación solidarios de las armaduras.

El nuevo Código Técnico de Edificación obliga a realizar ensayos de transparencia sónica o de impedancia mecánica en, al menos, 1 de cada 20 pilotes. Los ensayos se pueden realizar a los siete días del hormigonado y permiten un diagnóstico rápido sobre la integridad de los pilotes auscultados.

Método de transparencia sónica

El ensayo de transparencia sónica es el ensayo que ofrece las mayores garantías para evaluar la continuidad del pilote.

El método consiste en emitir una onda de presión mediante una sonda emisora introducida en un primer



Fotografía 3.- Subida de las sondas.

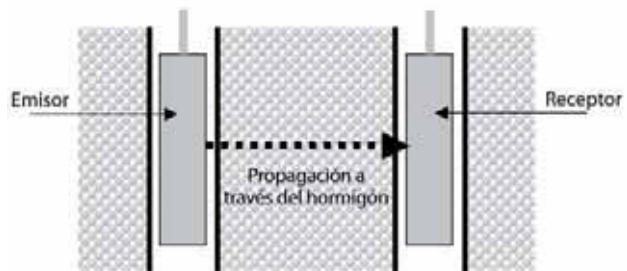


Figura 2.- Método de transparencia sónica.

tubo de auscultación, que va a propagarse a través del hormigón del pilote hasta una sonda receptora situada en un mismo plano horizontal dentro de un segundo tubo paralelo al primero (Figura 2). Por ello, se debe instrumentar las armaduras con tubos (Fotografía 2) que deben ser metálicos, estancos y deben estar llenos de agua.

El objeto del ensayo es comprobar que el tiempo de propagación de la onda queda constante a lo largo del fuste. En efecto, la velocidad de propagación está relacionada con la calidad del material donde se propaga. Por ejemplo, una coquera será detectada por un retraso importante en el tiempo de propagación.

Un dispositivo de medida calibrado permite determinar la profundidad auscultada y localizar con precisión las posibles anomalías detectadas (Fotografía 3).



REPORTAJES



➔ **Fotografía 4.-** Descabezado.



➔ **Fotografía 5.-** Alisado.



➔ **Fotografía 6.-** Golpeo y registro.

Método del eco

El método está basado en las propiedades de propagación de una onda longitudinal de velocidad V_p en un medio homogéneo, y consiste en generar en la cabeza del pilote una onda de compresión que se propaga paralela al eje, mediante un golpe producido por un martillo, y en medir el tiempo que tarda en volver desde el punto de reflexión (la punta o una anomalía).

Se trata de comprobar que la distancia L del punto de reflexión de la onda calculada a partir de este tiempo T , es compatible con la longitud teórica del pilote.

Método de impedancia mecánica

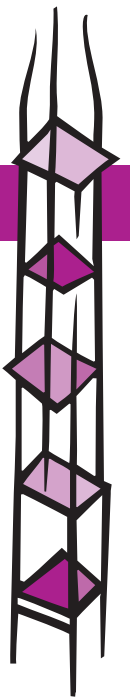
El método es un desarrollo avanzado del método del eco y consiste en:

- generar en la cabeza del pilote una onda de compresión que se propaga paralela al eje, mediante un golpe producido por un martillo instrumentado con un sensor de fuerza;
- medir la amplitud de la velocidad local en cabeza V y de la fuerza aplicada F ;
- determinar la distancia L del punto de reflexión de la onda, la rigidez dinámica R y la admitancia característica, explotando las señales en el ámbito frecuencial.

El descabezado debe completarse hasta alcanzar el hormigón totalmente sano (Fotografía 4). El sensor de velocidad se coloca en cabeza en una zona excéntrica horizontal y previamente pulida (Fotografía 5), sobre una capa fina de grasa o de gel que le permite un buen acoplamiento acústico con el hormigón. El impacto se produce mediante el martillo en una zona central e igualmente pulida (Fotografía 6).

Un análisis frecuencial de las dos señales permite calcular los parámetros cuantitativos relativos al pilote, su geometría y su interacción con el terreno y producir un diagnóstico sobre su integridad más completo y preciso que con el simple análisis del eco. ■

Salón de la Construcción CONSTRUTEC 2006



La novena edición de Construtec se consolida como referente para los profesionales de la arquitectura y la construcción. Las marcas ARCER y FerraPlus estuvieron presentes como en ediciones anteriores.



La celebración de Construtec se consolida por noveno año consecutivo en Madrid, con un incremento de participación superior al 20% con relación al año 2004, lo que pone de manifiesto que este salón se va afianzando en su proyección exterior.

Entre las 1.135 empresas representadas —635 expositores directos— se encontraban las marcas ARCER y FerraPlus, que un año más han querido estar presentes

en este Salón para dar testimonio de su apuesta decidida por la calidad, y acompañar a muchos de sus usuarios en el Salón Monográfico del Prefabricado de Hormigón.

Como en ocasiones anteriores, Construtec ha contado con la participación de empresas suministradoras de productos de construcción, de software, de elementos auxiliares, maquinaria, herramientas, aparatos de medida y precisión, etc. que ha sido de gran interés para los profesionales que la han visitado, al poder recibir de



primera mano información sobre las últimas novedades y avances que se han producido en un sector tan dinámico y competitivo como el de la construcción.

En paralelo con la exposición comercial se desarrolló un amplio programa de encuentros profesionales en los que se abordaron temas de la máxima actualidad. Entre éstos cabe mencionar los siguientes eventos:

• **I Congreso Internacional de Arquitectura**

CONSTRUTEC "Arquitectura Límite", organizado

por el Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid, en el que se expusieron algunas realizaciones singulares como una Leprosería en la India, un Centro de Natación en China con forma de burbuja, un Ecobulevar en Madrid que simula el entorno de una dehesa, un Museo de Ciencias Naturales en Japón capaz de resistir nevadas de hasta 20 metros de espesor, o las viviendas diseñadas por Angelo Bucci en Brasil. Asimismo, se hizo una revisión del recientemente aprobado Código Técnico de la Edificación, por parte de D. José Luis de Miguel y Dña. Pilar Rodríguez Monteverde, en los apartados relativos a requisitos de habitabilidad, seguridad, salubridad y utilización.

• **La Protección Pasiva contra Incendios y la Construcción. Aspectos de Actualidad**, organizado

por AFITI (Asociación para el Fomento de la Investigación y la Tecnología de la Seguridad Contra Incendios), en colaboración con Tecnifuego-Aespi y Cepreven, en la que se debatió fundamentalmente sobre la implicación que la entrada en vigor del CTE pudiera tener sobre las medidas de protección pasiva contra incendios.

• **El Hormigón, un Material Sostenible, Seguro, Duradero y Bello**, organizado por la Plataforma Tecnológica Española del Hormigón, en la que se resaltaron

las propiedades y características del hormigón como material, exponiendo sus ventajas competitivas en el



➡ Momento de la intervención de D. Luis Vega en la Jornada organizada por la Plataforma Tecnológica Española del Hormigón.

campo de la seguridad frente al fuego, así como la diversidad de acabados, texturas y coloridos que dan una gran flexibilidad a los diseñadores para configurar formas bellas, seguras y durables.

• **Normativa Española del Acero: CTE y EAE**, organizado por

la Asociación para la Promoción Técnica del Acero (APTA), en la que se hizo un balance de las novedades y avances que presentan el Código Técnico de la Edificación y la propuesta de Instrucción de Acero Estructural.

• **El Acero Galvanizado en la Construcción**, organizado por

ATEG (Asociación Técnica Española de Galvanización) en el que participaron destacados especialistas de la investigación y la industria, y en el que se profundizó en el conocimiento de las características de los materiales galvanizados, las técnicas para la correcta utilización de los mismos, así como en sus múltiples aplicaciones en el campo de la edificación, obra civil, equipamientos urbanos o industria en general. ■



➡ Momento de la intervención de Dña. M^a Cruz Alonso en la Jornada organizada por ATEG.



NOTICIAS

La nueva entidad nace en el marco del
Salón de la Construcción, Construtec'06

La Plataforma Tecnológica Española del Hormigón comienza su andadura

Constituida por fabricantes de cemento, aditivos, hormigón preparado y prefabricados de hormigón, la nueva Plataforma tiene entre sus objetivos potenciar la investigación sobre el hormigón y sus aplicaciones.

El pasado 11 de octubre tuvo lugar la presentación oficial de la Plataforma Tecnológica Española del Hormigón (PTEH) en el marco del Salón de la Construcción, Construtec'06. Esta Plataforma nace con el objetivo de difundir la tecnología de este material, sus características y la evolución de las mismas para satisfacer la demanda social y los requisitos reglamentarios, así como el desarrollo de los proyectos de I+D+i necesarios para ello.

El evento se completó con la celebración de una Jornada Técnica, en la que se destacó que el hormigón es, entre otras cosas, un material capaz de satisfacer los requisitos contenidos en el Código Técnico de la Edificación, recientemente aprobado, especialmente en los aspectos relativos a seguridad estructural, seguridad en caso de incendio, protección frente al ruido y ahorro de energía, proporcionando al mismo tiempo al proyectista enormes posibilidades de formas, texturas, colores y acabados.

El hormigón ha sido considerado siempre un material resistente, duradero y seguro frente a la acción de las cargas usuales de servicio, pero también ante la acción de situaciones imprevistas o accidentales como el fuego. El incendio del edificio Windsor en Madrid, que conmocionó a la opinión pública española, sirvió para mostrar cómo en condiciones de fuego severas, una estructura de hormigón garantiza una resistencia

del edificio que evita no sólo su colapso, sino también la pérdida de vidas humanas y de bienes patrimoniales y funcionales.

Desde el punto de vista de la sostenibilidad, la gran inercia térmica del hormigón disminuye la demanda energética de los edificios

por lo que su utilización en fachadas y particiones permite obtener edificaciones más sostenibles, al tiempo que proporciona unos reducidos gastos de conservación y mantenimiento, eleva la vida útil de las construcciones y es un residuo de reconstruc-

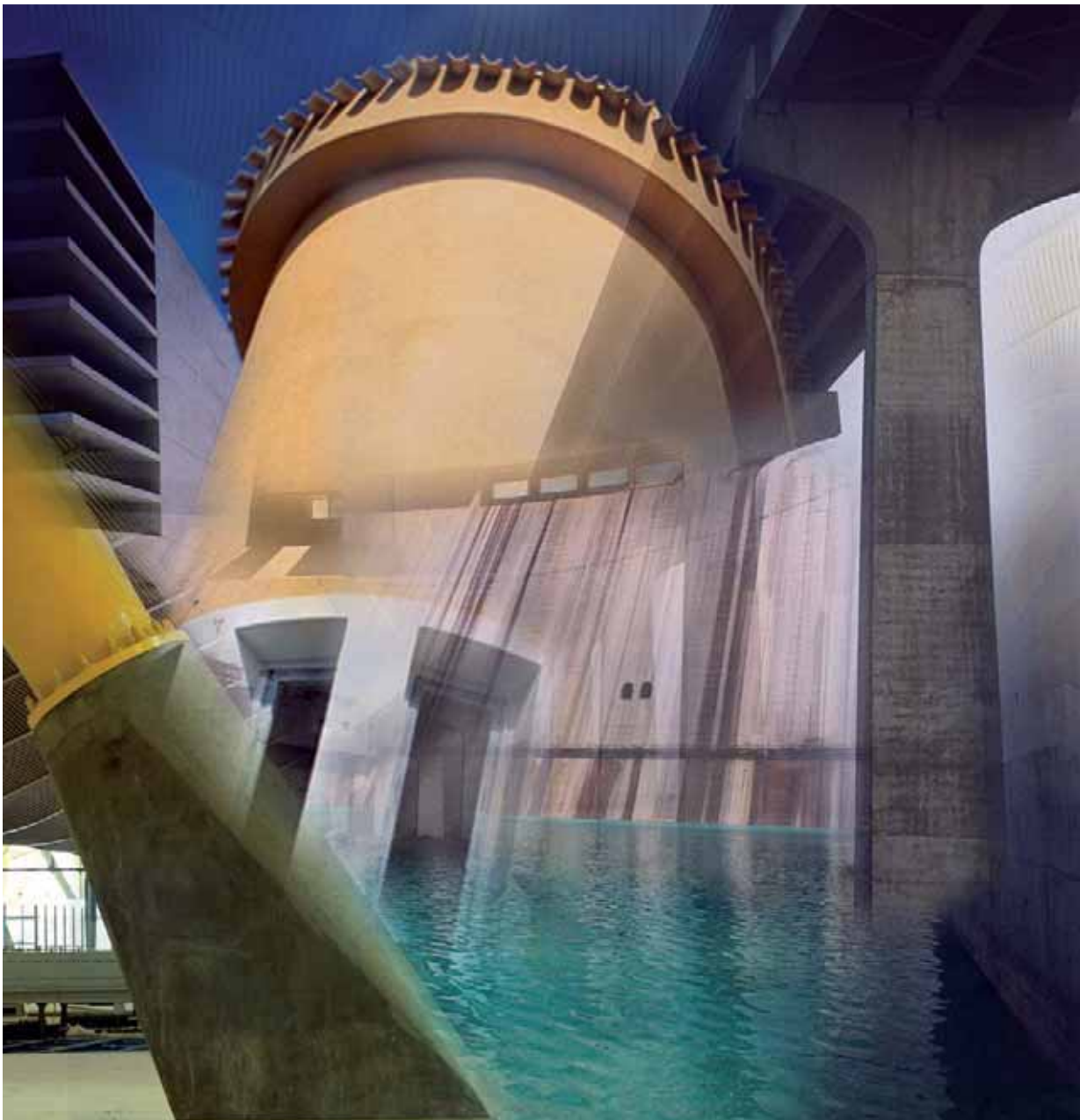


ción reciclable. Además, según los ponentes de esta jornada, este material presenta una alta durabilidad frente a las agresiones del medio ambiente y permite trabajar con una vida útil de 100 años como parámetro de proyecto.

Por otro lado, se puso también de manifiesto las cualidades tradicionales de moldeabilidad y de expresividad del hormigón, tanto en texturas como en

coloridos, lo que confiere a las obras realizadas con este material de un componente estético que las hace especialmente atractivas.

La PTEH está constituida por la Asociación Nacional de Fabricantes de Aditivos para Hormigón (ANFAH), la Asociación Nacional de Fabricantes de Hormigón Preparado (ANEFHOP), la Asociación Nacional de Prefabricados y Derivados del Cemento (ANDECE) y el Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones (IECA). ■





NOTICIAS

PUESTA EN OBRA DEL HORMIGÓN

El Consejo General de la Arquitectura Técnica de España edita este completo manual, que reúne un gran número de conocimientos técnicos sobre el tema con un carácter eminentemente práctico.

FICHA TÉCNICA:

Título: Puesta en obra del hormigón.

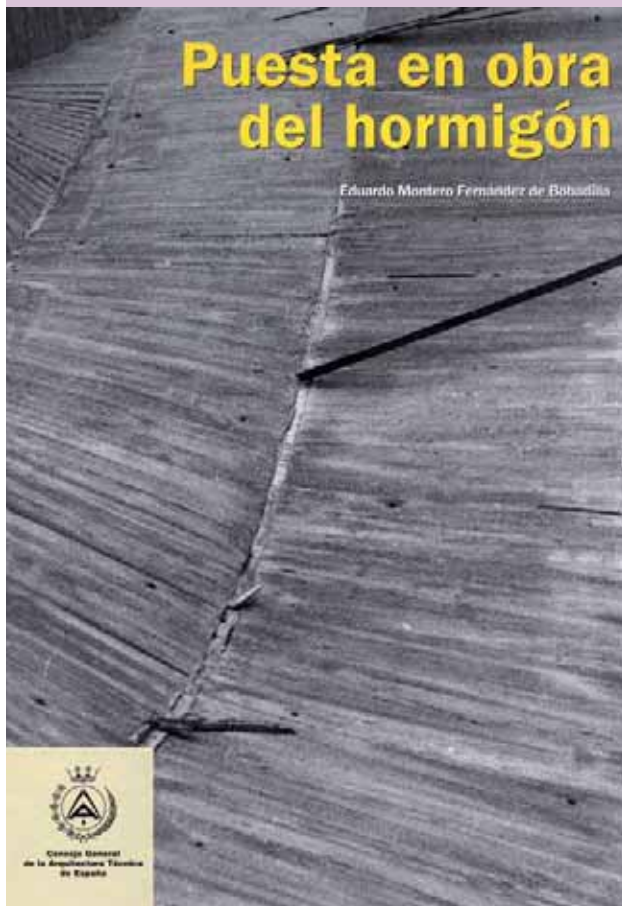
Autor: Eduardo Montero Fernández de Bobadilla.

Editorial: Consejo General de la Arquitectura Técnica de España, 2006.

Nº de páginas: 750.

Precio: 60 euros + IVA.

Información: Rafael Coloma / Vanessa Santos (91 308 56 18).



El Consejo General de la Arquitectura Técnica de España ha editado el manual *Puesta en obra del hormigón*, escrito por el arquitecto técnico Eduardo Montero Fernández de Bobadilla.

Se trata de un manual de arquitectura que pretende acercar a todos los profesionales técnicos que trabajan con el hormigón, y también a los estudiantes de las diferentes escuelas de nuestro país, información útil y necesaria a la hora de ejecutar una parte fundamental de un proyecto arquitectónico.

En el fondo, la razón de ser de esta publicación es reunir en un solo libro un gran número de conocimientos sobre este tema que, hasta el momento, se encontraban dispersos. Muchos de ellos constituyen trabajos de investigación y divulgación que el Consejo General ha querido poner en común en el ámbito de la edificación.

Con gran rigor técnico y documental el autor expone, a lo largo de los 32 capítulos de que consta el libro, el proceso y la puesta en obra de la estructura de hormigón de un proyecto arquitectónico bajo un enfoque eminentemente práctico, cubriendo las lagunas existentes en este campo.

Se trata de un texto exhaustivo, extenso y con una gran base documental, de gran interés tanto para los técnicos que trabajan en la ejecución de la obra, como para las empresas constructoras, los fabricantes y suministradores de productos y, en general, para todos los agentes que intervienen en el proceso edificatorio. ■

3^{er} Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica

Del 8 al 11 de mayo de 2007 tendrá lugar en Gerona el 3^{er} Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica, organizado conjuntamente por la Asociación Española de Ingeniería Sísmica (AEIS) y el Centro de Estudios de la Construcción y Análisis de Materiales (CECAM), con el patrocinio del Departamento de Política Territorial y Obras Públicas de la Generalidad de Cataluña y de la marca ARCER de armaduras para hormigón.

Este Congreso pretende constituirse en foro de debate, de intercambio de experiencias y de difusión del estado del conocimiento, así como, ofrecer un marco adecuado para el encuentro y debate entre científicos, técnicos y profesionales involucrados en el campo de la ingeniería sísmica.

Durante el mismo está prevista la celebración de 18 sesiones técnicas de exposición oral, 3 sesiones de presentación en póster, 9 conferencias invitadas a cargo de prestigiosos expertos nacionales e internacionales, así como 2 mesas redondas sobre temas de actualidad e interés profesional. Por último, está pre-

vista también una excursión técnica opcional a los escenarios naturales de la zona volcánica de Olot.

AEIS, asociación fundada en el año 1965, es una institución sin ánimo de lucro constituida para promover la colaboración entre todos los técnicos y científicos con interés en el campo de la ingeniería sísmica. Dicha colaboración se basa en el intercambio de ideas y la difusión de conocimientos y técnicas para el estudio y consideración adecuada de los fenómenos sísmicos en obras y actividades dentro del territorio nacional. Además de esta función interna, AEIS representa a España en las asociaciones internacionales correspondientes —la European Association for Earthquake Engineering (EAE), la Asociación Iberoamericana de Ingeniería Sísmica (AIBIS) y la International Association for Earthquake Engineering (IAEE)— y es responsable de las relaciones con asociaciones nacionales de otros países.



Los interesados en asistir a este Congreso pueden ampliar la información y/o formalizar su inscripción a través de la página web de AEIS (www.aeis.es). ■

Lugar: Auditorio - Palacio de Congresos de Gerona.

Fecha: del 8 al 11 de mayo de 2006.

Inscripción: www.aeis.es

Organiza:



Colabora: Col·legi D'aparelladors i Arquitectes Tècnics de Gerona, Universitat de Gerona, Cimne, Ajuntament de Gerona, ARCER, Associació de Consultors D'estructures, Institut Geològic de Catalunya y UPC.

Con el apoyo de: Departament de Política Territorial i Obres Públiques.



NOTICIAS

Espectacular crecimiento de la construcción de centros comerciales en España

España es el cuarto país europeo que más superficie nueva destinará este año, cerca de 1,2 millones de metros cuadrados. Hasta finales de 2009 existen 98 proyectos con licencia o en construcción con una superficie prevista de 2,9 millones de metros cuadrados.

El sector de centros comerciales está atravesando en España una buena etapa, situándose entre los primeros países europeos en este campo tras Rusia (1,8 mill. m²), Reino Unido (1,7 mill. m²) e Italia (1,5 mill. m²). En concreto, durante el año 2006 está prevista la oferta de 1,2 millones de metros cuadrados de superficie bruta alquilable (SBA).

Según la Asociación Española de Centros Comerciales (AECC) en los primeros ocho meses del año se han abierto en España 11 nuevos centros comerciales, lo que supone una superficie comercial de 328.000 metros cuadrados, a lo que hay que sumar dos importantes ampliaciones de aproximadamente 8.000 metros cuadrados. Hasta final de año se prevé la inauguración de otra decena de centros comerciales

(La Nueva Condomina, Thader y Espacio Mediterráneo en Murcia, Vialia Estación de Málaga, Caudalia en Asturias, Metromar y Parque Guadaira en Sevilla y la primera fase de Alegria en San Sebastián de los Reyes, Madrid), con lo que la cifra final de inauguraciones en el año 2006 estaría por encima de los 800.000 metros cuadrados, si se incluye entre ellas las ampliaciones o segundas fases. Con estas previsiones España terminará el año con alrededor de 1,2 millones de metros cuadrados de superficie comercial.

Hasta finales de 2009 existen 98 proyectos con licencia o en construcción, con una superficie prevista de 2,9 millones de metros cuadrados pertenecientes, la mayoría de ellos, a las

Centros comerciales abiertos durante 2006			
Centro	Localidad	Comunidad	SBA (m ²)
PLENILUNIO	Madrid	MAD	70.000
RIVAS FUTURA	Rivas Vaciamadrid	MAD	55.000
GRAN VÍA VIGO	Vigo	GAL	41.000
AQUA MULTIESPACIO	Valencia	VAL	35.000
LAS ROTONDAS	Puerto del Rosario (Fuerteventura)	CAN	32.000
OCIOPIÁ	Orihuela	VAL	26.000
LA VITAL	Gandía	VAL	23.383
RIVAS CENTRO	Rivas Vaciamadrid	MAD	15.000
COSTASOL CENTRO	Torremolinos	AND	14.310
ZONA ESTE	Sevilla	AND	12.000
CUBAS PLAZA	Cubas de la Sagra	MAD	5.000
Superficie total			328.693
Ampliaciones			
CARREFOUR PALMA II	Coll d'en Rabasa (Mallorca)	BAL	6.512
ZOCO CÓRDOBA	Córdoba	AND	1.500
Superficie total			8.012

Fuente: AECC.

Comunidades Autónomas de Andalucía, Comunidad Valenciana, Madrid, Murcia, Cataluña y Galicia, siendo además éstas mismas las que más proyectos tienen pendientes de conseguir licencia. Mientras 2006 será el año en el que Murcia

destacará por importantes aperturas en el sector, que elevarán su SBA y densidad comercial, el 2008 será el año de Zaragoza, aprovechando la celebración de la EXPO. Pero en conjunto, Andalucía es la región que más proyectos tiene en este período, con un 28 % del total. ■

NOMBRAMIENTOS

MARIA DEL CARMEN ANDRADE PERDRIX

Nueva Directora General de Política Tecnológica

La prestigiosa investigadora, María del Carmen Andrade ha sido nombrada Directora General de Política Tecnológica del Ministerio de Educación y Ciencia.



Andrade se ha destacado a nivel internacional por sus importantes aportaciones en el campo de la corrosión y durabilidad del hormigón. Asimismo, ha sido Directora del Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja durante los períodos 1985-1988 y 1993-2003.

RAFAEL FERNÁNDEZ SÁNCHEZ

Nuevo presidente de CEPCO.

Rafael Fernández Sánchez ha sido nombrado Presidente de la Confederación Española de Asociaciones de Fabricantes de Productos de Construcción (CEPCO).

Fernández, ingeniero de Caminos, inició su trayectoria profesional en el Instituto Eduardo Torroja donde desarrolló una importante labor investigadora. Esta labor la compaginó con la docencia en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos de Madrid donde fue profesor de puentes y estructuras metálicas. Además, ha sido Director General del Instituto Español del

Cemento y sus Aplicaciones (IECA), Director General de Carreteras del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, donde participó activamente en la ejecución del I Plan General de Carreteras y redactó el II Plan, y Director General de Oficemen entre 1991 y 2006.



Hasta su nombramiento como presidente de CEPCO, ocupaba la vicepresidencia de esta Confederación.

JAIME DE SIVATTE I ALGUERÓ

Nuevo presidente de ANEFHOP.

Nacido en Barcelona en 1939, Jaime de Sivatte i Algueró ha sido nombrado nuevo presidente de la Asociación Nacional Española de Fabricantes de Hormigón Preparado (ANEFHOP), sustituyendo en el puesto a José Ramón Bujanda.



Jaime de Sivatte es licenciado en Ciencias Empresariales por ESADE y es, a su vez, Presidente de PROMSA, compañía perteneciente a Cementos Molins dedicada a la fabricación, comercialización y distribución de hormigón, árido y mortero en Cataluña, Aragón y Levante. Jaime de Sivatte también es Vicepresidente de la Asociación Nacional de Empresarios Fabricantes de Áridos (ANEFA). ■

Zuncho

• Tarifas 2007 •

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