

DIJOURS

A L'ACE

18

Quaderns d'estructures

El desastre del Carmel (Editorial)

Aplicació de la geofísica en els projectes constructius | *Aplicación geofísica en los proyectos constructivos*

La estructura del centro comercial Diagonal Mar en Barcelona

Plataformas de trabajo para cimentaciones especiales

Una mica d'història | *Un poco de historia*

La necesidad de un estudio de solidez en obras de rehabilitación

Miscel·lània | *Miscelánea*

Llista de membres de l'Associació
Listado de miembros de la Asociación

ASSOCIACIÓ DE
CONSULTORS
D'ESTRUCTURES



Abril 2005. Preu 7,00 €

MANUFACTURAS METÁLICAS CATALANAS

Grupo GUITER de PROJECTES, S.L. NIF B-60947843

Avda. Meridiana, 308 entlo.

Tel. 93 351 30 51

Fax 93 352 75 50

93 751 30 60

E-mail: guiter@hotmail.com

www.grupoguiter.com



MANUFACTURES METÀLIQUES CATALANES, firma nascuda al 1967 es va dedicar des del primer moment a projectar, optimitzar, fabricar i muntar estructures metàl·liques i mixtes destinades a obra civil i edificació, evolucionant amb el mercat i, creixent conjuntament amb els seus clients fins a dia d'avui. 37 anys, ens avalen. Construim junts.



Actualment, entre la diversitat d'obres que el GRUP GUITER està executant, col·labora en el muntatge de les estructures metàl·liques del FÒRUM GIRONÈS (veure imatges) a través de l'entitat ALTESA NOVA S. L. (MONTAJES TIMANFAYA)

Edita

Associació de Consultors d'Estructures (ACE)

Quaderns d'Estructures (Dijous a l'ACE)

Número 18

Abril 2005

Preu de l'exemplar: 7,00 €

JUNTA DIRECTIVA

President

Antoni Massagué i Oliart

Vicepresidents

Robert Brufau i Niubó

David Garcia i Carrera

Secretari

Jordi Pedrerol i Jardí

Tresorer

Xavier Mateu i Palau

Àrea Tècnica

Antoni Blàzquez i Boya

Àrea Cultural

Xavier Mateu i Palau

Emma Leach i Cosp

Àrea Professional

David Rodríguez i Santàs

Delegat per al control intern

Antoni Blàzquez i Boya

Gerent

Sandra Freijomil i Tramunt

Equip de Redacció

Xavier Mateu i Palau

Emma Leach i Cosp

Sandra Freijomil i Tramunt

Col·laboradors d'aquest número

J. Alonso, A. Fuertes, A. Gabás, J. J. Rosas,

M. Soler, K. Vera

Maquetació i producció

Baber

Núm. d'exemplars 800

Impressió: EGS. Rosari 2. Barcelona

Dipòsit legal: B. 28347-2000



Redacció i Administració:

Gran Capità 2-4

08034 Barcelona

tel. 93 401 63 12 / fax 93 401 56 72

e-mail: info@consultorsestructures.org

www.consultorsestructures.org

Horaris d'oficina:

dilluns a divendres (9 a 14 hores)

Sumari

Pàg. 2 **1** El desastre del Carmel
(Editorial)
Jordi Pedrerol i Jardí

Pàg. 3 **2** Aplicació de la geofísica
en els projectes constructius
*Aplicación geofísica
en los proyectos constructivos*
Anna Gabás

Pàg. 20 **3** La estructura del centro comercial
Diagonal Mar en Barcelona
Alfonso Fuertes

Pàg. 31 **4** Plataformas de trabajo
para cimentaciones especiales
Juan José Rosas

Pàg. 43 **5** Una mica d'història
Un poco de historia
Manel Soler

Pàg. 46 **6** La necesidad
de un estudio de solidez
en obras de rehabilitación
Kenneth Vera + Jesús Alonso


Pàg. 50 **7** Miscel·lània
Miscelánea

Pàg. 51 **8** Llista de membres de l'Associació
*Listado de Miembros
de la Asociación*

1 Editorial

El desastre del Carmel

Jordi Pedrerol i Jardí



El hundimiento de un edificio por las obras de la línea 5 del Metro en Barcelona, el desalojo de otros, y el derribo de unos pocos más será probablemente el resultado de un proyecto y de unas obras en los que algo no debió hacerse correctamente, o donde la mala suerte y Murphy se aliaron.

Las primeras impresiones son las mismas que en otras desgracias: Prestige, 11 M... Los políticos están mucho más preocupados por instrumentalizar el suceso como arma arrojadiza entre ellos, que propiamente por resolver la cuestión y llegar al fondo de la verdad. Es un espectáculo deplorable que nos recuerda la talla de los políticos de estos pagos. Se reclaman dimisiones políticas, que de entrada no llevan a nada, máxime cuando lo que está en juego no es la honestidad de nadie, sino como mucho la incompetencia técnica, que no política.

Dirimir las responsabilidades se me antoja que va ser tarea ardua. Según ha podido leerse en la prensa, el proyecto fue realizado por una UTE de tres Ingenierías, la dirección de las obras por una UTE de dos, y las obras por una UTE de tres empresas constructoras. Un proyecto reformado, que al parecer comprendía la obra siniestrada, fue redactado por la UTE de Ingenierías encargada de la dirección de obra. Además intervienen como otros agentes, GISA i el Departament de Política Territorial. Pero a buen seguro que los estudios geotécnicos fueron realizados por terceras empresas (si es que se llegaron a realizar), que podrían tener asimismo sus responsabilidades.

De todo este suceso, a nosotros como consultores de estructuras, lo que más

debe preocuparnos es llegar a conocer los fallos que se hayan producido, que puede ser como sucede a menudo, una concurrencia de distintos factores, que sumados producen un resultado fatal. En cualquier caso sería deseable llegar a conocer lo que realmente sucedió, y poder tipificar el o los errores, a fin de inventariarlos, y evitar en un futuro su repetición aquí o en cualquier otro lugar del mundo. Lamentablemente, las investigaciones para detectar las causas pueden verse muy condicionadas por los intereses de los diferentes actores en el drama, y por los de sus compañías aseguradoras. Antes de empezar, la composición de los miembros de la comisión investigadora creada al efecto resulta ya cuestionable.

Desde este punto de vista, y por el momento únicamente por lo que a la vivienda en Cataluña se refiere, la ACE está en conversaciones con la «Direcció General d'Arquitectura i Habitatge», dependiente del Departament de Medi Ambient, para investigar los siniestros que se produzcan en edificios de viviendas, detectar sus causas, y redactar un informe con sus conclusiones. Todo ello con el objetivo de clasificar el origen de los siniestros, y tratar de extraer de los mismos, experiencias que permitan en un futuro legislar medidas tendentes a su evitación.

El suceso del Carmel muestra que el estudio sistemático de siniestros no debería limitarse a la vivienda, sino que debería abarcar también el campo de la obra civil. Por desgracia, los siniestros en todas las obras realizadas por el hombre son abundantes, y sus orígenes muy variados.

2 Aplicació de la geofísica en els projectes constructius

Anna Gabàs i Gasa

RESUM

MECÁNICA DEL SUELO LOSAN, S.A., és una empresa que treballa dins el camp de la construcció realitzant estudis geotècnics i fonamentacions especials (pilons-micropilons). Per tal de millorar i avançar en els nostres treballs, actualment estem obrint nous departaments amb la utilització de tècniques o mètodes poc utilitzats, o fins i tot desconeguts, com són els mètodes geofísics.

En aquest article, el departament de geofísica SUB-TERRA, vol presentar l'ús de la geofísica aplicada com una eina molt eficaç per a estudiar de forma detallada el subsòl terrestre i, més concretament, la seva utilització en els projectes de caire constructiu. Tant en els estudis previs a la fase de construcció, per tal de caracteritzar en detall el terreny, com en les fases posteriors a la construcció, per exemple, com un control de qualitat de les estructures.

1. INTRODUCCIÓ

La geofísica aplicada es defineix com un conjunt de mètodes indirectes basats en la mesura d'uns certs paràmetres físics del medi des de la superfície terrestre, sense aportar una observació directa del terreny. Aquests paràmetres o propietats intrínseques del medi, permeten, posteriorment, extreure informació del subsòl (comportament i composició).

Per exemple, el mètode geoelèctric utilitza el paràmetre físic de la conductivitat elèctrica per a diferenciar els materials del terreny, el mètode sísmic es basa en la velocitat de propagació de les ones sísmiques, el gravimètric utilitza la densitat dels materials...

Per poder aplicar les tècniques geofísiques en la resolució de problemes amb un cert èxit, cal que es compleixin dues condicions de forma segura. En primer lloc, que existeixi un contrast significatiu i, per tant, mesurable, en les propietats físiques del medi que permetin caracteritzar en detall el terreny. En segon lloc, que aquestes diferències es puguin correlacionar amb la geologia de la zona.

La geofísica aplicada presenta certs avantatges davant les metodologies tradicionals de mostreig directe, sondeig mecànic, però en cap cas s'ha d'entendre com una tècnica que substitueixi aquests darrers estudis. Tot el contrari, l'eficàcia de la geofísica augmenta de forma considerable quan s'utilitza de forma complementària amb la informació extreta a través de les mostres directes del subsòl. És a dir, quan es correlacionen els dos tipus d'estudis: geotècnica-geofísica.

A més a més, les tècniques geofísiques són tècniques no destructives i presenten un cost econòmic més reduït perquè es requereix menys infraestructura, encara que aquesta sigui més especialitzada.

Ara bé, com tots els mètodes, la geofísica presenta les seves limitacions. Una de les més importants és la profunditat d'investigació, la qual dependrà del mètode utilitzat, de les característiques del terreny i finalment, del dispositiu de treball. Però, el que cal tenir present de forma clara, és que al augmentar la profunditat d'investigació es redueix la resolució de la resposta geofísica.

Així per exemple, el mètode geoelèctric tindria una profunditat d'investigació que oscil·laria entre els metres més superficials, 5 metres, i els 100 metres. La sísmica de refracció, que utilitza el martell com a font d'energia, pot es-

Aplicació de la geofísica en els projectes constructius

Aplicación de la geofísica en los proyectos constructivos

tudiar uns 30-40 metres de profunditat, però augmenta molt la seva fondària quan s'utilitza un explosiu. El georradar té una profunditat d'investigació molt variable ja que pot anar des dels 50 cm fins als 100 metres en funció de la freqüència que tinguin les seves antenes.

El procés que segueix un bon estudi geofísic es descriu breument a continuació.

La primera fase, i molt important per a poder obtenir bons resultats amb els mètodes geofísics, és realitzar un bon plantejament del problema a resoldre. Aquestes tècniques no permeten resoldre totes les incerteses que poden sorgir sobre el subsòl, cal tenir presents les seves limitacions abans d'acceptar un estudi sobre el terreny. Per això, és important conèixer en detall la zona d'estudi i l'objectiu que es vol assolir.

La següent fase requereix una planificació temporal i un disseny de la campanya de camp. Això implica la selecció del millor mètode geofísic i de la millor configuració per aquell estudi concret que ens condueixi a l'èxit.

L'execució de l'estudi es trobaria a la tercera fase i es pot dividir en dues parts. D'una banda la obtenció de mesures en el camp a través dels instruments adequats, i d'altra, el treball de gabinet que consisteix en el tractament de les dades de camp utilitzant programes específics per a cada mètode.

Finalment, la darrera fase és la interpretació dels resultats (models del subsòl extrets del tractament de les dades experimentals) recolzant-se sempre en la màxima informació possible d'altres estudis geofísics, geològics, geotècnics o altres.

2. ALGUNS MÈTODES GEOFÍSICS

En aquest article volem presentar tres mètodes geofísics molt utilitzats a les diferents fases que suposa un projecte constructiu. Són el mètode geoelectric de corrent continu, el georradar, i el mètode sísmic.

2.1. El mètode geoelectric

Els mètodes geoelectrics determinen la resistivitat elèctrica dels materials mitjançant una sèrie de característiques del terreny com són: l'índex de forats, el tipus de partícula, la connexió entre les partícules, la matriu, etc.

Aquests sistemes es basen en la injecció d'un corrent elèctric continu des de la superfície del terra. L'esquema del dispositiu de mesura es compon de quatre elèctrodes clavats al terra. En dos d'ells s'injecta intensitat de corrent (anomenats elèctrodes emissors i

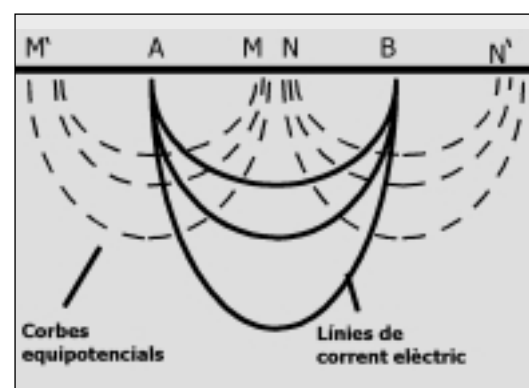


Fig. 1. Esquema de la disposició dels elèctrodes de corrent (AB) i de potencial (MN) sobre la superfície terrestre per a la realització de les mesures amb el mètode geoelectric. | Esquema de la disposición de los electrodos de corriente (AB) y de potencial (MN) sobre la superficie terrestre para la realización de las medidas con el método geoelectrico.

Aplicació de la geofísica en els projectes constructius

Aplicación de la geofísica en los proyectos constructivos

formen el dipol AB) i en els altres dos es mesura la diferència de potencial (anomenats elèctrodes receptors, dipol MN).

Aquests mètodes es divideixen en dos grans grups segons el tipus d'investigació que es realitza. Els mètodes d'investigació vertical o Sondeig Elèctric Vertical (SEV), que analitzen el terra prenent dades en forma de columna (una dimensió), i els mètodes d'investigació horitzontal o tomografia elèctrica, que desplacen el conjunt dels quatre elèctrodes a través d'una línia recta per a determinar les diferències en les característiques elèctriques tant laterals com verticals del subsòl terrestre (dues dimensions).

La capacitat d'aprofundir d'aquestes mesures en el terreny, depèn de la distància entre els elèctrodes dels dipols. Per altra banda, la resolució lateral és major com menor és la distància entre els elèctrodes del dipol receptor MN.

Per a l'execució d'un estudi geoelèctric concret s'han de compaginar, de forma adequada, aquests dos factors i arribar a un compromís entre la resolució i la profunditat d'investigació del dispositiu dissenyat.

Les possibles aplicacions d'aquest mètode són molt diverses, ja que només es requereix que existeixin diferències mesurables en les propietats elèctriques dels diferents materials que componen el subsòl.

Així, és possible aplicar el mètode geoelèctric per a resoldre problemes en diferents camps d'actuació relacionats amb els projectes constructius.

En l'àmbit del medi ambient i de la hidrologia, cada vegada més important per a dur a terme una bona obra, podem parlar d'estudis realitzats per a caracteritzar aqüífers i fluxos



Fig. 2. Imatges dels treballs de camp realitzats per un tècnic de LOSAN, S.A, per a la realització d'un perfil de tomografia elèctrica. Esquerra: manipulació de l'equip de mesura per a la programació de la seqüència. Dreta: col·locació adequada dels elèctrodes sobre la superfície terrestre per a que existeixi un bon contacte amb el terreny. (Obra: Berga, Novembre 2004). | *Imágenes de los trabajos de campo realizados por un técnico de LOSAN, S.A, para la realización de un perfil de tomografía eléctrica. Izquierda: manipulación de el equipo de medida para la programación de la secuencia. Derecha: colocación adecuada de los electrodos sobre la superficie terrestre para que exista un buen contacto con el terreno. (Obra: Berga, Noviembre 2004).*

d'aigua, delimitar les intrusions salines i mesurar la seva evolució en el temps (motorització), limitar les plomes contaminants i les unitats de deixalles, localitzar dipòsits u objectes enterrats i detectar la presència de cavitats, galeries o altres zones buides.

En el propi àmbit de l'edificació o enginyeria civil podem parlar d'estudis realitzats per a localitzar canalitzacions que puguin afectar la fase d'excavació, d'imatges del subsòl terrestre en dues dimensions que permeten determinar la millor traça per a cables o túnels, caracteritzar les zones d'àrids per a l'extracció del material i la seva potència o realitzar estudis de millora del terreny per injecció de ciment mitjançant campanyes de camp fetes abans i després d'aquest procés de millora.

Aplicació de la geofísica en els projectes constructius

Aplicación de la geofísica en los proyectos constructivos

2.2. El mètode del georradar

El georradar o GPR destaca per ser un mètode geofísic no destructiu que permet fer estudis d'alta resolució en les zones més superficials del subsòl on tenen lloc les activitats de origen antròpic.

Aquest mètode es basa en el principi de reflexió de les ones electromagnètiques d'alta freqüència que es propaguen a través del medi. Les mesures s'efectuen mitjançant l'emissió d'impulsos electromagnètics de curta durada per part de l'antena emissora. L'impuls electromagnètic penetra en el subsòl fins que part de l'energia es reflexa en aquells objectes o superfícies de discontinuïtat que presenten diferències en les propietats elèctriques respecte les de l'entorn. L'ona reflectida cap a la superfície és enregistrada per l'antena receptora que permetrà, posteriorment, el tractament del senyal i la seva interpretació.

Els avantatges d'aquest mètode, a més a més del seu caràcter no destructiu com tots

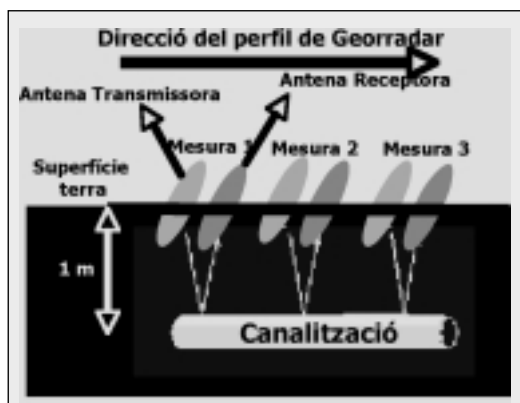


Fig. 3. Esquema del funcionament d'un perfil de georradar on se observa com el senyal surt de l'antena emissora i, després de reflectir-se en l'objecte (canalització), torna a l'antena receptora. | Esquema del funcionamiento de un perfil de georradar donde se observa como la señal sale de la antena emisora y, tras reflejarse en el objeto (canalización), vuelve a la antena receptora.

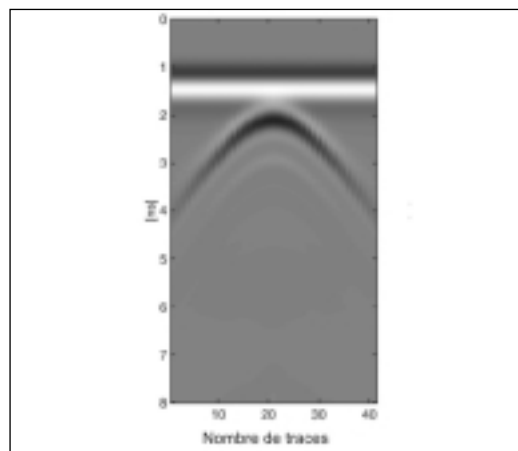


Fig. 4. Exemple de la imatge que s'obté en secció d'una canalització a través d'un perfil de georradar. | Ejemplo de la imagen que se obtendría en sección de una canalización a través de un perfil de georradar.

els mètodes geofísics, són la seva senzillesa en els treballs de camp degut a la facilitat de moure l'aparell i realitzar les mesures, i l'alta resolució que presenta. Aquestes característiques fan que sigui un mètode molt adequat per a estudis molt superficials relacionats amb el món de la construcció.

De les seves aplicacions, en destaquem aquelles relacionades amb els estudis de qualitat de les estructures com les auscultacions en túnels, paviments o murs, definició de gruixos de formigó o la detecció d'estructures de formigó armat enteses com un control de qualitat en l'obra. A més a més, és molt utilitzat per a realitzar cadastres de serveis (aigua, llum, gas...) i xarxes, o detectar qualsevol tipus d'objecte enterrat.

2.3. El mètode sísmic de refracció

Finalment, trobem interessant descriure les bases que envolten el mètode sísmic de refracció ja que és molt aplicat en construcció d'obres lineals com túnels o ponts. Pel con-

Aplicació de la geofísica en els projectes constructius

Aplicación de la geofísica en los proyectos constructivos

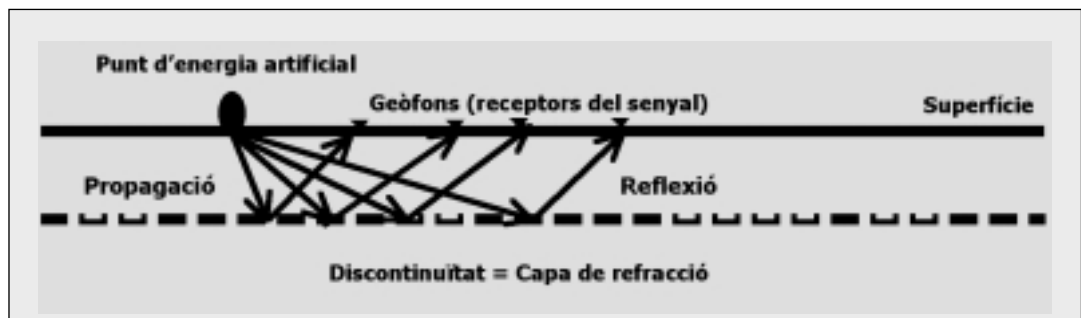


Fig. 5. Esquema de la propagació de les ones sísmiques en un medi de dos capes i disposició dels geòfons en superfície que permeten obtenir informació del subsòl a través dels temps d'arribada d'aquestes ones. | *Esquema de la propagación de las olas sísmicas en un medio de dos capas y disposición de los geófonos en superficie que permiten obtener información del subsuelo a través de los tiempos de llegada de estas olas.*

trari, la sísmica de reflexió s'utilitza per estudis de gran profunditat, i la seva aplicació queda molt limitada a tècniques petrolieres.

El mètode de la sísmica de refracció es basa en la detecció de la velocitat de propagació de les ones sísmiques en el substrat. Aquestes ones són generades per una font d'energia artificial, generalment un martell. Segons el tipus de terreny varia la velocitat de propagació de les ones. Els contactes entre els diferents estrats amb diferent velocitat de propagació defineixen les superfícies on les ones experimenten el fenomen de la refracció.

El treball de camp consisteix en realitzar perfils longitudinals sobre els que es col·loquen una sèrie de sensors, geòfons, els quals porten incorporats uns sismògrafs per enregistrar el moviment.

Des d'un punt concret del perfil es genera un senyal sísmic o impuls, que es propaga pel subsòl i arriba finalment als sensors que mesuren els temps d'arribada de les ones elàstiques als geòfons, així, s'obté la velocitat de propagació i el gruix dels diferents materials travessats.

Aquesta velocitat de transmissió de les ones sísmiques és un bon indicador de les característiques geotècniques dels materials, però cal tenir en compte que a mesura que el material es degrada i augmenta el seu grau d'alteració, la velocitat de propagació es redueix.

A més a més de proporcionar informació sobre el tipus de substrat rocós i els seus canvis laterals, la sísmica de refracció permet estimar, aproximadament, el mòdul d'elasticitat de les formacions investigades, el grau de fracturació i la ripabilitat o facilitat d'excavació.

Existeixen assaigs concrets basats en aquest mètode que es realitzen dins mateix dels sondeigs mecànics. Són els anomenats «Down Hole» i «Cross Hole». Aquests mètodes són molt utilitzats per a determinar els mòduls mecànics del terreny. A més a més, el «Cross Hole» (requereix mínim 2 sondeigs mecànics), permet ser aplicat en estudis més amplis que vulguin determinar característiques del subsòl entre els sondeigs mecànics com la localització de cavitats o galeries, fractures o falles, control de qualitat d'estructures, traces de canalitzacions, etc.

Aplicació de la geofísica en els projectes constructius

Aplicación de la geofísica en los proyectos constructivos

3. ALGUNS EXEMPLES REALS REALITZATS PER SUB-TERRA

Departament de Geofísica, SUB-TERRA. En aquest apartat de l'article volem presentar alguns exemples reals realitzats pel GRUP LOSAN.

Els exemples s'han seleccionat pensant en situacions aplicables al camp de la construcció. Així s'ha escollit un estudi sobre la detecció del nivell freàtic a cota superficial, un estudi fet per a localitzar antigues vies de tren que podrien afectar els nous fonaments, un estudi per a caracteritzar els materials que formen el subsòl i la seva distribució, tant lateral com vertical, amb l'objectiu de determinar si existeixen unitats o còdols que puguin afectar la fase d'excavació del projecte, i finalment, un estudi sobre la possible contaminació d'un reblert.

Tot seguit es descriuen breument els estudis i els resultats obtinguts.

3.1. Detecció del nivell freàtic

OBRA: Construcció d'un habitatge particular a Sant Cugat del Vallès, Setembre 2004.

Aquest exemple presenta un estudi per a la detecció del nivell de l'aigua en el terreny, tant la profunditat a què es localitza com el seu comportament lateral i vertical. L'estudi va ser realitzat amb el mètode geoelèctric, concretament amb la tomografia elèctrica.

La configuració que es va dissenyar en aquest cas va ser de 48 elèctrodes separats una distància d'1 metre entre ells, per a extreure informació de fins a 10 metres de profunditat.

El resultat va ser molt satisfactori, ja que tal com es mostra en el model del subsòl següent, es van poder detectar zones més conductives (zones blaves) interpretades com acumulacions d'aigua a nivell superficial entre els 2 i 5 metres de fondària, aportant la informació necessària pel futur projecte de l'edificació d'un habitatge particular.

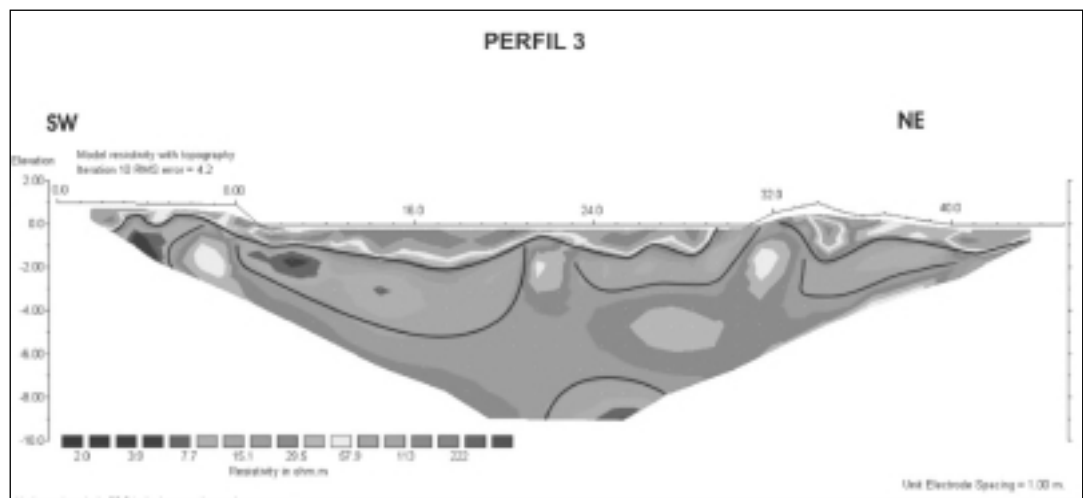


Fig. 6. Model del subsòl que resulta de les mesures geofísiques realitzades al camp i el seu posterior tractament a través de programes especials, per a la detecció del nivell d'aigua. | Modelo del subsuelo que resulta de las medidas geofísicas realizadas al campo y su posterior tratamiento a través de programas especiales, para la detección del nivel de agua.

Aplicació de la geofísica en els projectes constructius
Aplicación de la geofísica en los proyectos constructivos

La interpretació del subsòl realitzada amb l'estudi geofísic va ser totalment correlacionada i millorada gràcies a la informació procedent de l'estudi geotècnic, de forma que es van detectar les mateixes unitats litològiques: reblert, intercalacions de graves amb acumulació d'aigua, i unitat de argiles.

Un dels aspectes interessants que aporta la geofísica és la continuïtat d'aquestes unitats mitjançant una imatge geoelectrica bidimensional, és a dir, la variació lateral i vertical dels materials entre sondeig i sondeig sense haver d'extrapolar la informació.

3.2. Localització de cossos enterrats

OBRA: Detecció i localització de les vies del tren a l'estació del Nord de Barcelona, Abril 2004.

Aquest cas és un estudi realitzat amb el georadar a l'Estació del Nord de Barcelona, per a

localitzar la posició, a l'espai, de les restes de les vies de tren no eliminades sota la pista esportiva actual.

Els treballs de camp van consistir en la realització de tres perfils paral·lels de 32 metres de longitud cadascun sobre la mateixa pista esportiva. Els perfils es van realitzar de forma perpendicular a la pista, per tal de creuar les vies del tren, ja que aquestes es creien col·locades longitudinalment segons l'edifici actual.

Es va considerar una freqüència central per a les antenes de 400 MHz de manera que permetessin estudiar els 2 primers metres del subsòl amb una bona resolució i poder detectar les vies del tren.

L'inici dels tres perfils es va situar prop de la paret de la pista, on es va col·locar l'antena transmissora, i a una distància de 50 cm, es va col·locar l'antena receptora. Per construir el perfil de georadar, el conjunt format per

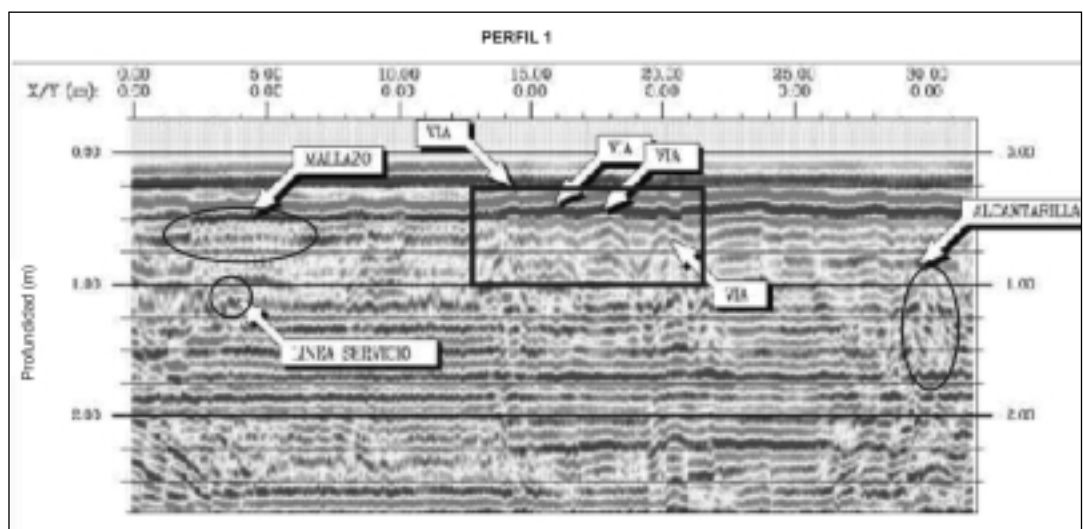


Fig. 7. Imatge bidimensional obtinguda amb el georadar de 400 MHz de freqüència en el primer perfil de la campanya de camp realitzada per SUB-TERRA a l'Estació del Nord de Barcelona. | Imagen bidimensional obtenida con el georadar de 400 MHz de frecuencia en el primer perfil de la campaña de campo realizada por SUB-TERRA a la Estación del Norte de Barcelona.

Aplicació de la geofísica en els projectes constructius

Aplicación de la geofísica en los proyectos constructivos

les dues antenes es desplaça en línia recta realitzant una mesura cada 10 cm.

La següent imatge mostra el resultat del perfil 1 on es van interpretar les següents característiques i anomalies:

- Una trama vertical tancada que és el senyal típic produït per la presència d'una malla.
- Una hipèrbola de difracció que es considera generada per una canalització o una línia de servei.
- Varies hipèrboles de difracció que s'interpreta han estat generades per les vies del tren. Les seves posicions s'identifiquen aproximadament a 14, 16, 18 i 20 m, i a una profunditat d'uns 50 cm de la superfície. Aquestes dades es poden associar als quatre rails que formarien les dues vies de tren d'aquest costat de l'estació.
- Finalment, s'identifica la hipèrbola de difracció generada per la claveguera con-

guda que travessa tot el recinte de l'Estació el Nord.

3.3. Caracterització subsòl

OBRA: Construcció d'un complex hotelier a Badalona, Juliol 2004.

Aquest interessant estudi presentava l'objectiu de caracteritzar els diferents materials que formen el subsòl i la presència d'heterogeneïtats en el terreny (còdols de granit) que poguessin afectar a la fase d'excavació. Per això, es va dissenyar una campanya de 10 perfils de tomografia elèctrica, distribuïts uniformement sobre el solar formant una malla en dues direccions perpendiculars entre si.

Així, en aquest article es mostra el resultat d'un dels perfils, que va aportar valuosa informació sobre el comportament de la unitat formada per còdols i graves, la qual es detectava a una profunditat considerable, a partir dels 10 metres.

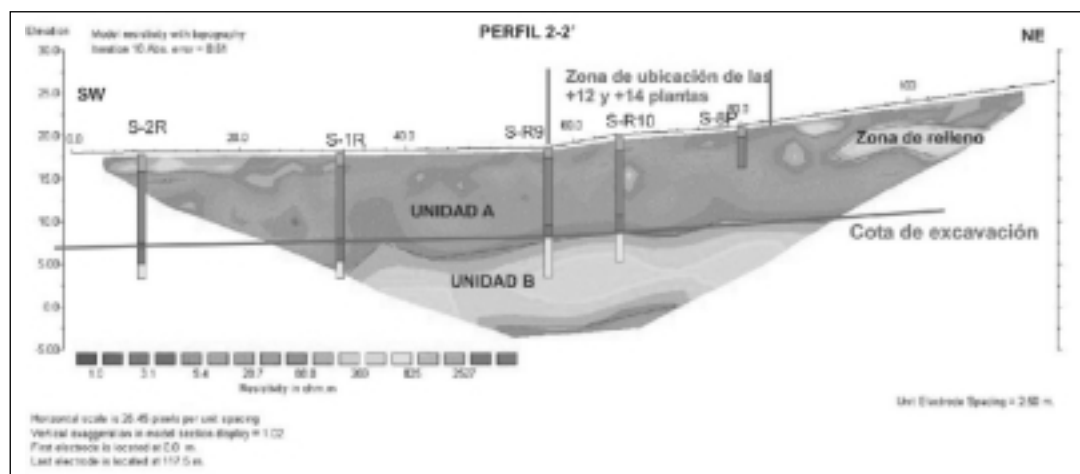


Fig. 8. Model del subsòl obtingut per la caracterització dels materials que formen el terreny amb el mètode de la tomografia elèctrica i els 5 sondeigs mecànics a Badalona, Juliol 2004. | Modelo del subsuelo obtenido por la caracterización de los materiales que forman el terreno con el método de la tomografía eléctrica y los 5 sondeos mecánicos en Badalona, Julio 2004.

Aplicació de la geofísica en els projectes constructius

Aplicación de la geofísica en los proyectos constructivos

El perfil presentava 120 metres de longitud aprofitant la màxima dimensió del solar i es va configurar el dispositiu amb una separació entre elèctrodes de 2,5 metres. Així, la profunditat d'investigació va ser de 22 metres aproximadament, observant el comportament del material que es troba per sobre la cota d'excavació, 10 metres, i també per sota.

El model mostra una capa d'argila llimosa o arenosa, UNITAT A, que s'estén per tot el perfil fins a una profunditat de 10 metres. Per sota d'aquesta capa i del nivell d'excavació, apareix una unitat més resistiva (còdols i graves), UNITAT B, amb continuïtat lateral i un gruix aproximat de 10 metres.

Tal com s'observa a la següent figura, el perfil de tomografia elèctrica coincideix amb la localització de 5 sondeigs mecànics a rotació i percussió.

A la imatge del model s'han localitzat aquests sondeigs indicant amb colors les diferents litologies detectades. D'aquesta manera s'observa la bona correlació entre els sondeigs mecànics i la tomografia elèctrica, i com es complementen entre sí per a realitzar un millor estudi del subsòl fins a 22 metres de profunditat.

3.4. Estudi de la possible contaminació d'un reblert

OBRA: Estudi del reblert a Torrelles de Llobregat, Març 2004.

Finalment, destacar un estudi sobre les característiques d'un reblert del subsòl al terme municipal de Torrelles de Llobregat. L'objectiu principal era determinar si el reblert presentava algun tipus de contaminació.

Aquests estudis es fan cada dia més necessaris per saber la qualitat del terreny abans de realitzar qualsevol projecte constructiu.

De l'anàlisi de la informació dels treballs de camp es van obtenir models del subsòl fins una profunditat d'investigació aproximada d'entre 15 i 24 metres.

Així, es va poder detectar la capa de reblert amb valors de resistivitat elèctrica molt heterogenis entre 75 i 1.000 Ohm-m. Aquesta capa podria correspondre a material antròpic (material de enderrocs, fustes, plàstics, papers...) que es troba poc compactat i forma un reblert molt porós que provoca aquests valors alts i variables de la resistivitat elèctrica. Aquesta capa apareix en superfície i presenta gruixos entre 2 i 8 metres.

Efectivament, el material del reblert que es va trobar a partir dels sondeigs mecànics era un material antròpic format per material d'enderroc, ciment, objectes de fusta, plàstics i altres materials, que es reflecteixen en el perfil de tomografia elèctrica com zones on les corbes de la resistivitat elèctrica són tancades i de diferent valor que el seu entorn (zones vermelles i grogues de les parts superficials del model).

Els valors de resistivitat elèctrica que presenten aquestes heterogeneïtats del reblert no són exageradament altes ni baixes, característica típica d'un material de reblert no contaminat.

Finalment, el model va poder identificar 3 capes principals que es correlacionaven perfectament amb la testificació dels sondeigs mecànics. Una capa de reblert antròpic, material d'enderroc, una unitat d'argila i una capa de pissarra que apareix a profunditats variables.

Aplicació de la geofísica en els projectes constructius

Aplicación de la geofísica en los proyectos constructivos

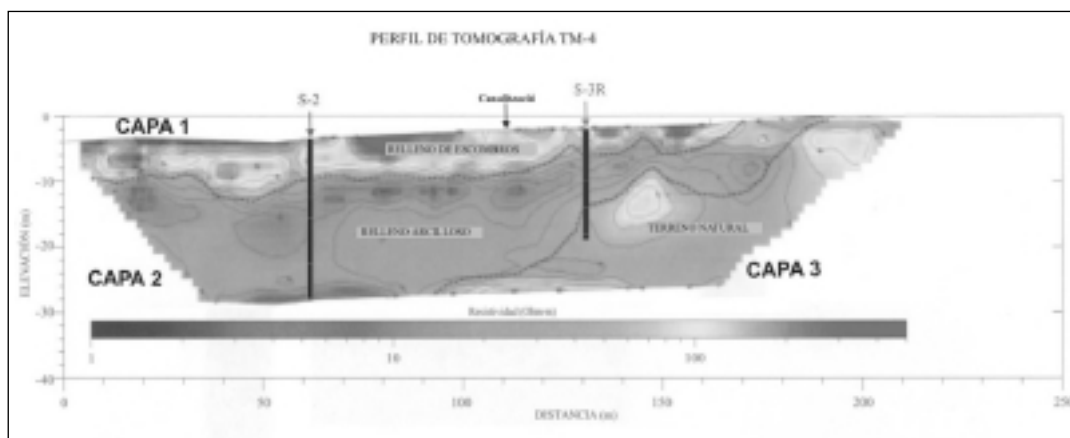


Fig. 9. Model del subsòl per la caracterització dels materials que formen el terreny, en especial la identificació del reblert antròpic a Torrelles de Llobregat, Març 2004. | Modelo del subsuelo por la caracterización de los materiales que forman el terreno, en especial la identificación del relleno antrópico en Torrelles de Llobregat, Marzo 2004.

4. CONCLUSIONS

Tal com volem reflectir en aquest article, no és senzill realitzar aquest tipus d'estudi. Com totes les tècniques especialitzades, un bon treball geofísic requereix una fase d'estudi del problema i dels objectius a assolir, una experiència de treball important que permeti escollir correctament el millor mètode geofísic a utilitzar, i evidentment, una bona instrumentació tant de camp com de gabinet.

Els resultats dels mètodes geofísics són models del subsòl en dues dimensions que resulten de les mesures indirectes realitzades sobre la superfície terrestre. Actualment, però, ja s'està treballant en la realització de perfils en tres dimensions.

Els costos dels estudis geofísics són més reduïts que els assaigs tradicionals, són estudis que no destrueixen el terreny, els equips de mesura presenten facilitat de mobilitat i d'accessibilitat al lloc de l'estudi. Per contra, els resultats dels mètodes geofísics no aporten en cap cas informació directa del subsòl,

per això, en determinades ocasions es fa imprescindible compaginar la geofísica amb la informació extreta de sondeigs mecànics per a millorar de forma important el coneixement del terreny i no tenir sorpreses alhora de fer qualsevol actuació sobre aquest.

Segons la nostra experiència i tenint en compte molts estudis publicats en revistes nacionals i internacionals, podem assegurar que la geofísica aplicada desenvolupa un paper molt important en els camps de l'edificació, l'enginyeria civil, el medi ambient, l'hidrologia, i fins hi tot, altres com l'arqueologia, aportant solucions molt satisfactòries per a resoldre problemes que requereixen una investigació detallada del subsòl.

A continuació es mostren alguns exemples d'estudis realitzats per SUB-TERRA, GRUP LOSAN, amb l'objectiu de mostrar les diferents aplicacions possibles d'aquestes tècniques.

- Estudis de la resistivitat elèctrica per a sub-estacions elèctriques (Catalunya).

Aplicació de la geofísica en els projectes constructius

Aplicación de la geofísica en los proyectos constructivos

- Determinació dels paràmetres elàstics dinàmics (Martorell, Barcelona).
 - Localització de cavitats (Ametlla de Mar, Tarragona; Besalú, Girona).
 - Caracterització de la unitat de reblert i la seva possible contaminació (Torrelles del Llobregat, Barcelona).
 - Determinació dels nivells d'aigua (Sant Cugat, Barcelona).
 - Estudi del comportament de la intrusió salina (Gavà, Barcelona).
 - Estudi de les heterogeneïtats del subsòl (Badalona, Barcelona).
 - Caracterització del terreny en zones urbanes de difícil accés per a les màquines de sondeos mecànics (Barcelona).
 - Localització de objectes enterrats (Barcelona).
- arrays parallel to the strike direction». *Geophysics*, 56, 941-950.
- DAHLIN, T. and LOKE, M.H. (1998). «Resolution of 2D Wenner resistivity imaging as assessed by numerical modelling», *Journal of Applied Geophysics*, 38 (4), p. 237-249.
- LOKE, M.H. (1999). «Electrical imaging survey for environmental and engineering studies», *A practical guide to 2-D and 3-D surveys*. University of Birmingham.
- ZHOU, W., BECK, B. F., STEPHENSON, J. B. (2000). *Reliability of dipole-dipole electrical resistivity tomography for defining depth to bedrock in covered karsts terrains*. *Environmental Geology*, 39, 7.
- DAHLIN, T. (2001). «The development of electrical imaging techniques», *Computers and Geosciences*, 27 (9), 1.019-1.029.
- GRANDA A., CAMBERO J.C. (2001). «Algunas experiencias de la aplicación de métodos geofísicos en los proyectos geotécnicos y constructivos de la L.A.V.». Madrid-Barcelona-Frontera Francesa, tramo Madrid-Zaragoza. *Revista Ingeniería Civil*, N.º 123.
- TEJERO, A., CHÁVEZ, R. E., URBIETA, J., FLORES-MÁRQUEZ, E. L. (2002). «Cavity Detection in the Southwestern Hilly Portion of Mexico City by Resistivity Imaging». *Journal of Environmental and Engineering Geophysics*, 7, 3, 130-139.
- ARACIL, E., MARURI, U., VALLÉS, J., MARTÍNEZ, P., PORRES, J. A., (2003). «Evaluación de problemas medioambientales mediante tomografía eléctrica». *Ingeopres*, 122.
- GABÀS, A. (2004). *Nous aspectes metodològics en l'exploració elèctrica i electromagnètica*. Tesi doctoral Universitat de Barcelona.

5. BIBLIOGRAFIA

ORELLANA, E. (1982). *Prospección Geoeléctrica en Corriente Continua*. 2.ª ED. Madrid. Paraninfo. Vol. 1.

QUERALT, P., POUS, J., MARCUELLO, A. (1989). *Modelización de estructuras bidimensionales en prospección eléctrica mediante el método de los elementos finitos*. *Rev. de geofísica*, 45, 3-14.

QUERALT, P. (1989). *Modelització d'estructures bidimensionals per prospecció elèctrica en corrent continu*. Tesi doctoral Universitat de Barcelona.

QUERALT, P., POUS, J., MARCUELLO, A. (1991). «2-D resistivity modeling: An approach to

Aplicació de la geofísica en els projectes constructius

Aplicación de la geofísica en los proyectos constructivos

APLICACIÓN DE LA GEOFÍSICA EN LOS PROYECTOS CONSTRUCTIVOS

Anna Gabàs y Gasa

RESUMEN

MECÁNICA DEL SUELO LOSAN, S.A. es una empresa que trabaja en el campo de la construcción realizando estudios geotécnicos y cimentaciones especiales (pilotes-micropilotes). Para mejorar y adelantar en nuestros trabajos, actualmente estamos abriendo nuevos departamentos con la utilización de técnicas o métodos poco utilizados, o desconocidos, como son los métodos geofísicos. En este artículo, el departamento de geofísica SUB-TERRA, quiere presentar el uso de la geofísica aplicada como una herramienta muy eficaz para estudiar de forma detallada el subsuelo terrestre y, más concretamente, su utilización en los proyectos constructivos. Tanto en los estudios previos a la fase de construcción, para caracterizar el terreno en detalle, como en las fases posteriores a la construcción, por ejemplo, como un control de calidad de las estructuras.

1. INTRODUCCIÓN

La geofísica aplicada se define como un conjunto de métodos indirectos basados en la medida de unos ciertos parámetros físicos del medio desde la superficie terrestre, sin aportar una observación directa del terreno. Estos parámetros o propiedades intrínsecas del medio, permiten, posteriormente, extraer información del subsuelo (comportamiento y composición). Por ejemplo, el método geoelectrico utiliza el parámetro físico de la conductividad eléctrica para diferenciar los materiales del terreno, el método sísmico se basa en la velocidad de propagación de las olas sísmicas, el gravimétrico utiliza la densidad de los materiales...

Para poder aplicar las técnicas geofísicas en la resolución de problemas con un cierto éxito, hace falta que se cumplan dos condiciones de forma segura. En primer lugar, que exista un contraste significativo y, por tanto, medible, en las propiedades físicas del medio que permitan caracterizar en detalle el terreno. En segundo lugar, que estas diferencias se puedan correlacionar con la geología de la zona.

La geofísica aplicada presenta ciertas ventajas frente a las metodologías tradicionales de muestreo directo, sondeo mecánico, pero en caso alguno hay que entenderlo como una técnica que sustituya estos últimos estudios. Al contrario, la eficacia de la geofísica aumenta de manera considerable cuando se utiliza de manera complementaria con la información extraída a través de las muestras directas del subsuelo. Es decir, cuando se correlacionan los dos tipos de estudios: geotecnia-geofísica.

Además, las técnicas geofísicas son técnicas no destructivas y presentan un coste económico más reducido porque se requiere menos infraestructura, aunque esta sea más especializada.

Ahora bien, como todos los métodos, la geofísica presenta sus limitaciones. Una de las más importantes es la profundidad de investigación, la cual dependerá del método utilizado, de las características del terreno y finalmente, del dispositivo de trabajo. Pero, lo que hay que tener presente de forma clara, es que al aumentar la profundidad de investigación se reduce la resolución de la respuesta geofísica.

Así por ejemplo, el método geoelectrico tendría una profundidad de investigación que oscilaría entre los metros más superficiales, 5 metros, y los 100 metros. La sísmica de refracción, que utiliza el martillo como fuente de energía, puede estudiar unos 30-40 metros de profundidad, pero aumenta mucho su profundidad cuando se utiliza un explosivo. El georradar tiene una profundidad de investigación muy variable puesto que puede ir desde los 50 cm hasta los 100 metros en función de la frecuencia que tengan sus antenas.

El proceso que sigue un buen estudio geofísico se describe brevemente a continuación.

La primera fase, y muy importante para poder obtener buenos resultados con los métodos geofísicos, es realizar un buen planteamiento del problema a resolver. Estas técnicas no permiten resolver todas las incertidumbres que puedan surgir sobre el subsuelo, hace falta tener presentes sus limitaciones antes de aceptar un estudio sobre el terreno. Por esto, es importante conocer en detalle la zona de estudio y el objetivo que se quiere lograr.

Aplicació de la geofísica en els projectes constructius

Aplicación de la geofísica en los proyectos constructivos

La siguiente fase requiere una planificación temporal y un diseño de la campaña de campo. Esto implica la selección del mejor método geofísico y de la mejor configuración para el estudio concreto que nos conduzca al éxito.

La ejecución del estudio se encontraría en la tercera fase y se puede dividir en dos partes. Por un lado la obtención de las medidas en el campo a través de los instrumentos adecuados, y por otro lado, el trabajo de gabinete que consiste en el tratamiento de los datos de campo utilizando programas específicos para cada método.

Finalmente, la última fase es la interpretación de los resultados (modelos del subsuelo extraídos del tratamiento de los datos experimentales) apoyándose siempre en la máxima información posible de otros estudios geofísicos, geológicos, geotécnicos u otros.

2. ALGUNOS MÉTODOS GEOFÍSICOS

En este artículo queremos presentar tres métodos geofísicos muy utilizados en las diferentes fases que supone un proyecto constructivo. Son el método geoeléctrico de corriente continua, el georradar, y el método sísmico.

2.1. El método geoeléctrico

Los métodos geoeléctricos determinan la resistividad eléctrica de los materiales mediante una serie de características del terreno como son: el índice de agujeros, el tipo de partícula, la conexión entre las partículas, la matriz, etc.

Estos sistemas se basan en la inyección de una corriente eléctrica continua desde la superficie del suelo. El esquema del dispositivo de medida se compone de cuatro electrodos clavados en el suelo. En dos de ellos se inyecta intensidad de corriente (denominados electrodos emisores y forman el dipolo AB) y en los otros dos se mide la diferencia de potencial (denominados electrodos receptores, dipolo MN).

Estos métodos se dividen en dos grandes grupos según el tipo de investigación que se realiza. Los métodos de investigación vertical o Sondeo Eléctrico Vertical (SEV), que analizan el suelo tomando datos en forma de columna (una dimensión), y los métodos de

investigación horizontal o tomografía eléctrica, que desplazan el conjunto de los cuatro electrodos a través de una línea recta para determinar las diferencias en las características eléctricas tanto laterales como verticales del subsuelo terrestre (dos dimensiones).

La capacidad de profundizar de estas medidas en el terreno depende de la distancia entre los electrodos de los dipolos. Por otra parte, la resolución lateral es mayor como menor es la distancia entre los electrodos del dipolo receptor Mn. Para la ejecución de un estudio geoeléctrico concreto se tienen que compaginar de forma adecuada estos dos factores y llegar a un compromiso entre la resolución y la profundidad de investigación del dispositivo diseñado.

Las posibles aplicaciones de este método son muy diversas, puesto que sólo se requiere que existan diferencias mensurables en las propiedades eléctricas de los diferentes materiales que componen el subsuelo. Así, es posible aplicar el método geoeléctrico para resolver problemas en diferentes campos de actuación relacionados con los proyectos constructivos.

En el ámbito del medio ambiente y de la hidrología, cada vez más importante para llevar a cabo una buena obra, podemos hablar de estudios realizados para caracterizar acuíferos y flujos de agua, delimitar las intrusiones salinas y medir su evolución en el tiempo (motorización), limitar las plumas contaminantes y las unidades de desechos, localizar depósitos o objetos enterrados y detectar la presencia de cavidades, galerías u otras zonas vacías.

En el propio ámbito de la edificación o ingeniería civil podemos hablar de estudios realizados para localizar canalizaciones que puedan afectar a la fase de excavación, de imágenes del subsuelo terrestre en dos dimensiones que permiten determinar la mejor traza para cables o túneles, caracterizar las zonas de áridos para la extracción del material y su potencia o realizar estudios de mejora del terreno por inyección de cemento mediante campañas de campo hechas antes y después de este proceso de mejora.

2.2. El método del georradar

El georradar o GPR destaca por ser un método geofísico no destructivo que permite hacer estudios de alta

Aplicació de la geofísica en els projectes constructius

Aplicación de la geofísica en los proyectos constructivos

resolució en les zones més superficials del subsuelo d'ónde tenen lloc les activitats de origen antròpic.

Este mètode se basa en el principi de reflexió de les ones electromagnètiques de alta freqüència que se propaguen a través del medi. Les mesures se efectuen mitjançant l'emissió de impulsos electromagnètics de curta duració per part de l'antena emissor. El impuls electromagnètic penetra en el subsuelo fins que part de l'energia se reflecteix en aquells objectes o superfícies de discontinuïtat que presenten diferències en les propietats elèctriques respecte a les de l'entorn. La ona reflectida cap a la superfície es registra per l'antena receptor que permetrà, posteriorment, el tractament de la senyal i la interpretació.

Les avantatges d'aquest mètode, a més de la seva naturalesa no destructiva com tots els mètodes geofísics, són la seva senzillesa en els treballs de camp deguda a la facilitat de moure l'aparell i realitzar les mesures, i la seva alta resolució que presenta. Aquestes característiques el fan un mètode molt adequat per a estudis molt superficials relacionats amb el món de la construcció.

De les seves aplicacions destaquem aquelles relacionades amb els estudis de qualitat de les estructures com les auscultacions en túnels, paviments o murs, definició de gruixos de formigó o la detecció d'estructures de ciment armat enteses com un control de qualitat en l'obra. A més es molt utilitzat per a realitzar catastrs de serveis (aigua, llum, gas...) i xarxes, o detectar qualsevol tipus d'objecte enterrat.

2.3. El mètode sísmic de refracció

Finalment, trobem interessant descriure les bases que envolten el mètode sísmic de refracció pués que és molt aplicat en construcció d'obres lineals com túnels o ponts. Per l'contrari, la sísmica de reflexió se utilitza per a estudis de gran profunditat, i la seva aplicació queda molt limitada a tècniques petroleres.

El mètode de la sísmica de refracció se basa en la detecció de la velocitat de propagació de les ones sísmiques en el substrat. Aquestes ones són generades per una font d'energia artificial, generalment un

martillo. Segun els tipus de terreny varia la velocitat de propagació de les ones. Els contactes entre les diferents estrats amb diferent velocitat de propagació defineixen les superfícies d'ónde les ones experimenten el fenomen de la refracció.

El treball de camp consisteix en realitzar perfils longitudinals sobre els quals se col·loquen una sèrie de sensors, geòfons, els quals porten incorporats uns sismògrafs per registrar el moviment. Des d'un punt concret del perfil se genera una senyal sísmica o impuls, que se propaga per el subsuelo i arriba finalment a els sensors que mesuren els temps d'arribada de les ones elàstiques a els geòfons, així, se obté la velocitat de propagació i el gruix de els diferents materials atravesats.

Aquesta velocitat de transmissió de les ones sísmiques és un bon indicador de les característiques geotècniques dels materials, però cal tenir en compte que a mesura que el material se degrada i augmenta el seu grau d'alteració, la velocitat de propagació se redueix.

A més de proporcionar informació sobre el tipus de substrat rocós i els seus canvis laterals, la sísmica de refracció permet estimar aproximadament, el mòdul d'elasticitat de les formacions investigades, el grau de fracturació i la reparabilitat o facilitat d'excavació.

Existen assaigs concrets basats en aquest mètode que se realitzen dins mateixos dels sondes mecànics. Són els denominats «Down Hole» i «Cross Hole». Aquests mètodes són molt utilitzats per a determinar els mòduls mecànics del terreny. A més, el «Cross Hole» (requereix mínim 2 sondes mecànics), permet ser aplicat en estudis més amplis que volen determinar característiques del subsuelo entre les sondes mecànics com la localització de cavitats o galeries, fractures o fallas, control de qualitat de estructures, traçes de canalitzacions, etc.

3. ALGUNOS EJEMPLOS REALES REALIZADOS POR SUB-TERRA

En este apartado de el artículo queremos presentar algunos ejemplos reales realizados por el Departamento de Geofísica, SUB-TERRA, GRUPO LOSAN.

Aplicació de la geofísica en els projectes constructius

Aplicación de la geofísica en los proyectos constructivos

Los ejemplos se han seleccionado pensando en situaciones aplicables al campo de la construcción. Así se ha escogido un estudio sobre la detección del nivel freático a cota superficial, un estudio hecho para localizar antiguas vías de tren que podrían afectar los nuevos fundamentos, un estudio para caracterizar los materiales que forman el subsuelo y su distribución tanto lateral como vertical, con el objetivo de determinar si existen unidades o guijarros que puedan afectar a la fase de excavación del proyecto, y finalmente, un estudio sobre la posible contaminación de un relleno.

Acto seguido se describen brevemente los estudios y los resultados obtenidos.

3.1. Detección del nivel freático

OBRA: Construcción de una vivienda particular en Sant Cugat del Vallès, Septiembre 2004.

Este ejemplo presenta un estudio para la detección del nivel de agua en el terreno, tanto la profundidad a la que se localiza como su comportamiento lateral y vertical. El estudio fue realizado con el método geoelectrico, concretamente con la tomografía eléctrica. La configuración que se diseñó en este caso fue de 48 electrodos separados una distancia de 1 metro entre ellos para extraer información de hasta 10 metros de profundidad.

El resultado fue muy satisfactorio, puesto que tal y como se muestra en el modelo del subsuelo siguiente, se pudieron detectar zonas más conductivas (zonas azules) interpretadas como acumulaciones de agua a nivel superficial entre los 2 y 5 metros de profundidad, aportando la información necesaria por el futuro proyecto de la edificación de una vivienda particular.

La interpretación del subsuelo realizada con el estudio geofísico fue totalmente correlacionada y mejorada gracias a la información procedente del estudio geotécnico, de forma que se detectaron las mismas unidades litológicas: relleno, intercalaciones de gravas con acumulación de agua, y unidad de arcillas.

Uno de los aspectos interesantes que aporta la geofísica es la continuidad de estas unidades mediante una imagen geoelectrica bidimensional, es decir,

la variación lateral y vertical de los materiales entre sondeo y sondeo sin haber de extrapolar la información.

3.2. Localización de cuerpos enterrados

OBRA: Detección y localización de las vías del tren en la estación del Norte de Barcelona Abril 2004.

Este caso es un estudio realizado con el georradar a la Estación del Norte de Barcelona, para localizar la posición en el espacio de los restos de las vías del tren no eliminadas bajo la pista deportiva actual.

Los trabajos de campo consistieron en la realización de tres perfiles paralelos de 32 metros de longitud cada uno sobre la misma pista deportiva. Los perfiles se realizaron de forma perpendicular a la pista para cruzar las vías del tren, puesto que estas se creían colocadas longitudinalmente según el edificio actual.

Se consideró una frecuencia central para las antenas de 400 MHz de manera que permitieran estudiar los 2 primeros metros del subsuelo con una buena resolución y poder detectar las vías del tren.

El inicio de los tres perfiles se situó cerca de la pared de la pista, dónde se colocó la antena transmisora, y a una distancia de 50 cm, se colocó la antena receptora. Para construir el perfil de georradar, el conjunto formado por las dos antenas se desplaza en línea recta realizando una medida cada 10 cm.

La siguiente imagen muestra el resultado del perfil 1 donde se interpretaron las siguientes características y anomalías:

- Una trama vertical cerrada que es la señal típica producida por la presencia de una malla.
- Una hipérbola de difracción que se considera generada por una canalización o una línea de servicio.
- Varias hipérbolas de difracción que se interpretan que han sido generadas por las vías del tren. Sus posiciones se identifican aproximadamente a 14, 16, 18 y 20 m, y a una profundidad de unos 50 cm de la superficie. Estos datos se pueden asociar a los cuatro raíles que formarían las dos vías del tren de este lado de la estación.

Aplicació de la geofísica en els projectes constructius

Aplicación de la geofísica en los proyectos constructivos

Finalmente, se identifica la hipérbola de difracción generada por la cloaca conocida que atraviesa todo el recinto de la Estación del Norte.

3.3. Caracterización subsuelo

OBRA: Construcción de un complejo hotelero en Badalona, Julio 2004.

Este interesante estudio presentaba el objetivo de caracterizar los diferentes materiales que forman el subsuelo y la presencia de heterogeneidades en el terreno (guijarros de granito) que pudieran afectar a la fase de excavación. Por esto, se diseñó una campaña de 10 perfiles de tomografía eléctrica, distribuidos uniformemente sobre el solar formando una malla en dos direcciones perpendiculares entre sí.

Así, en este artículo se muestra el resultado de uno de los perfiles, el cual aportó valiosa información sobre el comportamiento de la unidad formada medio guijarros y gravas, la cual se detectaba a una profundidad considerable, a partir de los 10 metros.

El perfil presentaba 120 metros de longitud aprovechando la máxima dimensión del solar y se configuró el dispositivo con una separación entre electrodos de 2,5 metros. Así, la profundidad de investigación fue de 22 metros aproximadamente, observando el comportamiento del material que se encuentra por encima de la cota de excavación, 10 metros, y también por debajo.

El modelo muestra una capa de arcilla limosa o arenosa, UNIDAD A, que se extiende por todo el perfil hasta la profundidad de 10 metros. Por debajo de esta capa y del nivel de excavación, aparece una unidad más resistiva (guijarros y gravas), UNIDAD B, con continuidad lateral y un grueso aproximado de 10 metros.

Tal y como se observa en la siguiente figura, el perfil de tomografía eléctrica coincide con la localización de 5 sondeos mecánicos a rotación y percusión.

En la imagen del modelo se han localizado estos sondeos indicando con colores las diferentes litologías detectadas. De esta manera se observa la buena correlación entre los sondeos mecánicos y la tomografía eléctrica, y como se complementan entre sí para rea-

lizar un mejor estudio del subsuelo hasta 22 metros de profundidad.

3.4. Estudio de la posible contaminación de un relleno

OBRA: Estudio del relleno en Torrelles de Llobregat, Marzo 2004.

Finalmente, destacar un estudio sobre las características de un relleno del subsuelo al término municipal de Torrelles de Llobregat. El objetivo principal era determinar si el relleno presentaba algún tipo de contaminación. Estos estudios se hacen cada día más necesarios para saber la calidad del terreno antes de realizar cualquier proyecto constructivo.

Del análisis de la información de los trabajos de campo se obtuvieron modelos del subsuelo hasta una profundidad de investigación aproximada de entre 15 y 24 metros. Así, se pudieron detectar la capa de relleno con valores de resistividad eléctrica muy heterogéneos entre 75 y 1.000 Ohmio-m. Esta capa podría corresponder a material antrópico (material de escombros, maderas, plásticos, papeles...) que se encuentra poco compactado y forma un relleno muy poroso que provoca estos valores altos y variables de la resistividad eléctrica. Esta capa aparece en superficie y presenta gruesos entre 2 y 8 metros.

Efectivamente, el material del relleno que se encontró a partir de los sondeos mecánicos era un material antrópico formado por material de escombros, cemento, objetos de madera, plásticos y otros materiales, que se reflejan en el perfil de tomografía eléctrica como zonas donde las curvas de la resistividad eléctrica son cerradas y de diferente valor que su entorno (zonas rojas y amarillas de las partes superficiales del modelo).

Los valores de resistividad eléctrica que presentan estas heterogeneidades del relleno no son exageradamente altas ni bajas, característica típica de un material de relleno no contaminado.

Finalmente, el modelo pudo identificar 3 capas principales que se correlacionaban perfectamente con la testificación de los sondeos mecánicos. Una capa de relleno antrópico, material de escombros, una unidad de arcilla y una capa de pizarra que aparece a profundidades variables.

Aplicació de la geofísica en els projectes constructius

Aplicación de la geofísica en los proyectos constructivos

4. CONCLUSIONES

Tal y como queremos reflejar en este artículo, no es sencillo realizar este tipo de estudio. Como todas las técnicas especializadas, un buen trabajo geofísico requiere una fase de estudio del problema y de los objetivos a lograr, una experiencia de trabajo importante que permita escoger correctamente el mejor método geofísico a utilizar, y evidentemente, una buena instrumentación tanto de campo como de gabinete.

Los resultados de los métodos geofísicos son modelos del subsuelo en dos dimensiones que resultan de las medidas indirectas realizadas sobre la superficie terrestre. Actualmente, pero, ya se está trabajando en la realización de perfiles en tres dimensiones.

Los costes de los estudios geofísicos son más reducidos que los ensayos tradicionales, son estudios que no destruyen el terreno, los equipos de medida presentan facilidad de movilidad y de accesibilidad al lugar de el estudio. Por el contrario, los resultados de los métodos geofísicos no aportan en caso alguno información directa del subsuelo, por esto, en determinadas ocasiones se hace imprescindible compaginar la geofísica con la información extraída de sondeos mecánicos para mejorar de forma importante el conocimiento del terreno y no tener sorpresas a la vez de hacer cualquier actuación sobre este.

Según nuestra experiencia y teniendo en cuenta muchos estudios publicados en revistas nacionales e internacionales, podemos asegurar que la geofísica aplicada desarrolla un papel muy importante en los

campos de la edificación, la ingeniería civil, el medio ambiente, la hidrología, y hasta otras como la arqueología, aportando soluciones muy satisfactorias para resolver problemas que requieren una investigación detallada del subsuelo.

A continuación se muestran algunos ejemplos de estudios realizados por SUB-TERRA, GRUPO LOSAN, con el objetivo de mostrar las diferentes aplicaciones posibles de estas técnicas.

- *Estudios de la resistividad eléctrica para sub-estaciones eléctricas (Catalunya).*
- *Determinación de los parámetros elásticos dinámicos (Martorell, Barcelona).*
- *Localización de cavidades (Almendra de Mar, Tarragona; Besalú, Girona).*
- *Caracterización de la unidad de relleno y su posible contaminación (Torrelles del Llobregat, Barcelona).*
- *Determinación de los niveles de agua (Sant Cugat, Barcelona).*
- *Estudio del comportamiento de la intrusión salina (Gavà, Barcelona).*
- *Estudio de las heterogeneidades del subsuelo (Badalona, Barcelona).*
- *Caracterización del terreno en zonas urbanas de difícil acceso para las máquinas de sondeos mecánicos (Barcelona).*
- *Localización de objetos enterrados (Barcelona).*

3 La estructura del centro comercial Diagonal Mar en Barcelona

Alfonso Fuertes Rodríguez

LA DESCRIPCIÓN DE LA OBRA

El Edificio Centro Comercial Diagonal Mar está situado en el inicio de la Avenida Diagonal de Barcelona, a unos 300 m de la playa, en una zona de nueva urbanización, junto a los terrenos donde se ubican los edificios que acogieron el Fórum 2004 de las Culturas.



Fig. 1.

En planta tiene forma de triángulo, truncado en uno de sus vértices, donde hace medianería con un hotel de más de 100 m de alto. Los otros tres lados dan frente a la Avenida Diagonal, a la calle Josep Pla y a la calle Taulat.

La planta del edificio es de unos 40.000 m², siendo la superficie total de los forjados de 326.000 m². De ellos, unos 181.000 m² están dedicados a aparcamiento para 5.000 plazas en 5 plantas, y el resto a Centro Comercial.

Las plantas de parking son, empezando desde abajo, P5, P4, P3, P2 y P1, y las comerciales R1, R2, R3. La R4 es la cubierta en la mayor parte del edificio. Quedan por encima las R5 y R6, de menor superficie, en la zona de Cines, así como la cubierta de los mis-

mos. La planta R2 es la que se encuentra a nivel de calle.

El perímetro del edificio es de 890 m, siendo los tres lados grandes de dimensiones parecidas.

La cota de nivel freático es prácticamente la +0,80, mientras que el nivel de calle está sobre la +6,00. Por tanto se tienen 5 forjados y la solera por debajo del nivel freático, desde P5 a R1. El terreno natural se encontraba sobre la +2,00, lo que exigió un relleno de las calles, de unos 4 m de espesor, para alcanzar el nivel final.

El recinto de sótanos se materializó a base de pantallas profundas ejecutadas con hidrofresas hasta 65 m, entrando en el terreno impermeable. Para las escasas filtraciones del muro, se ha dispuesto un sistema de achique permanente con pozos, que mantiene el agua sobre la cota -22,00. El caudal extraído al finalizar la obra era únicamente de unos 3 l/s, lo que demuestra la bondad de la construcción.

Los accesos al aparcamiento se realizan por medio de rampas en cajón, exteriores al edificio y sumergidas en parte de su recorrido:

- Dos rampas de entrada y dos de salida para coches, en la calle Josep Pla y en la Avenida Diagonal.
- Una de entrada y otra de salida para camiones, con circunvalación perimetral y muelles de descarga a nivel del 2.º aparcamiento, en la calle Taulat.

Además se construyó, a cielo abierto, el Túnel de la calle Puigcerdá, de unos 300 m de longitud, sumergido en parte, para acceder al Centro desde la calzada deprimida de la calle García Faria.

La estructura del centro comercial Diagonal Mar en Barcelona

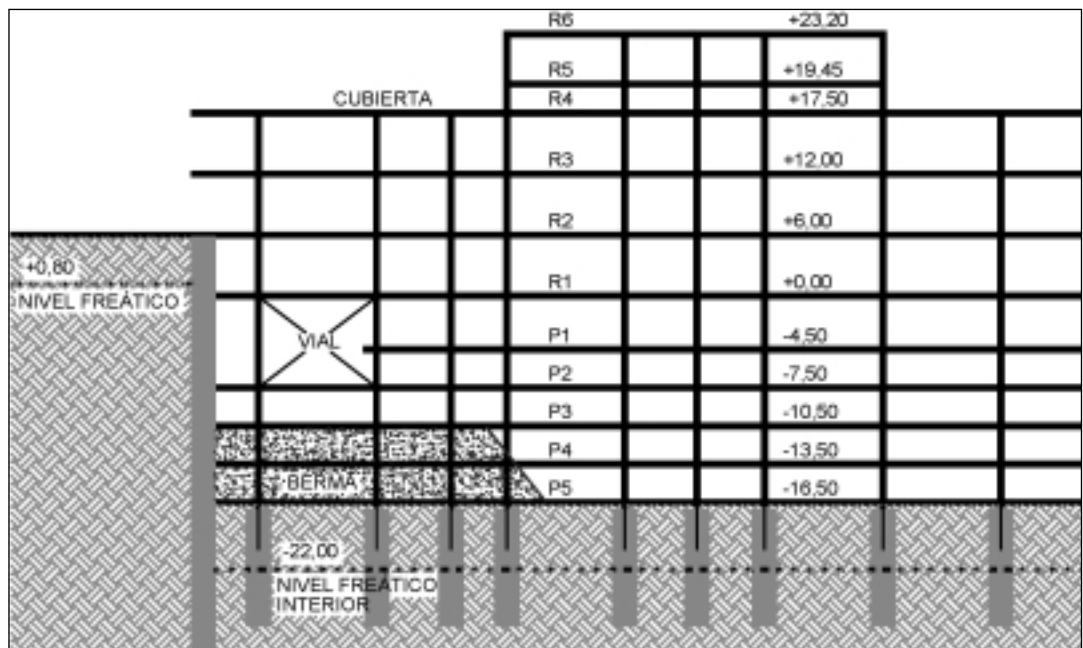


Fig. 2. Sección del edificio.

LAS CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRUCTURA

La existencia de 5 forjados y la solera del último sótano por debajo del nivel freático se tradujo en diversos condicionantes, tanto en lo referente a la morfología de la estructura como al sistema constructivo empleado.

La necesidad de mantener el equilibrio entre los empujes de las tierras, activos, o pasivos en caso necesario, de los distintos lados del contorno, obligaba a que los forjados no tuvieran juntas de dilatación y fueran totalmente continuos para asegurar una transmisión de esfuerzos a su través en cualquier dirección.

Para ello se tomaron básicamente dos medidas. Por un lado, dejando entrecalles, de forma que se rellenaban en una segunda fase

cuando las retracciones ya se habían producido en su mayor parte; y por otra, mediante la utilización de aditivos en los hormigones, así como el curado con lámina de agua, para minimizar dicha retracción.

En las plantas superiores, por encima de la coronación de los muros, se dejaron juntas de dilatación, subdividiendo los 40.000 m² de la planta en zonas independientes, como es tradicional en cualquier estructura.

Se utilizó una modulación básica cuadrada de 8 m x 8 m, modificada en cuanto a la orientación en los vanos próximos a los muros del borde.

Se dispusieron entrecalles perimetrales y centrales. Las de centro tenían un ancho de 4 m, de forma que quedaban hormigonados, a cada lado de la entrecalle, unos voladizos de 2 m compensados por la continuidad de

La estructura del centro comercial Diagonal Mar en Barcelona

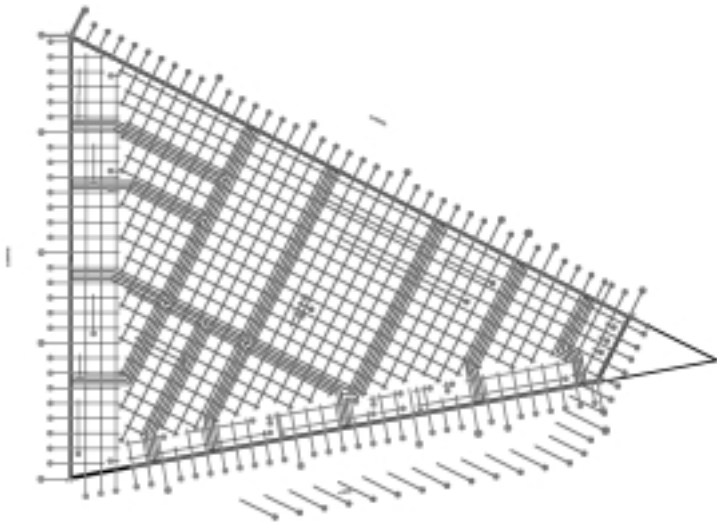


Fig. 3. Cuadrícula de la estructura, con la posición de las entrecalles.

los correspondientes vanos interiores adyacentes de 8 m.

Los forjados son macizos sin ningún tipo de aligeramiento, con espesores variables, se-

gún sobrecargas u otras exigencias del Proyecto, de 30, 40, 50 y 60 cm.

Los pilares de las dos plantas más bajas, en la zona perimetral, son en acero laminado, a causa del sistema constructivo. En la zona central solo se han empleado pilares metálicos en la planta de arranque. Los restantes pilares son de hormigón armado.

Es de destacar que los ejes de cada pilar, y por tanto sus caras, no mantienen el paralelismo habitual, sino que se orientan de acuerdo a un plexo-tensional teórico en planta, de distribución de los esfuerzos de equilibrado de los empujes. Con ello, dada la geometría irregular del contorno del, se puede decir que prácticamente no hay pilares paralelos entre sí, con excepción de los más próximos a los bordes.

En las zonas donde existen huecos, para rampas de vehículos o mecánicas u otras



Fig. 4. En el muro se puede ver la alineación de las ménsulas para apoyo del forjado.

La estructura del centro comercial Diagonal Mar en Barcelona



Fig. 5. Zona del techo del muelle de carga con las vigas de 24 m de luz.

funciones, se han proyectado, normalmente a las rampas, unos muros de pilar a pilar y de suelo a techo, para transferir a los forjados superiores e inferiores los esfuerzos de equilibrado del empuje de tierras. También hay que destacar que las rampas siempre tenían sus laterales cerrados con muros de hormigón.

El forjado se apoya en sus bordes sobre ménsulas puntuales de hormigón construidas sobre el muro pantalla. El anclaje sobre el muro se hacía repicando y embebiendo armaduras ancladas con resinas epoxi. El apoyo del forjado en la ménsula se realiza a través de planchas de teflón y neopreno.

Para asegurar la transmisión de los esfuerzos de las tierras a los forjados se dispusieron apoyos verticales discontinuos de 60 cm

cada 150 cm como término medio, de tipo deslizante, a base de acero inoxidable con lámina de teflón.

Para la medición de los esfuerzos transmitidos sobre los forjados se colocaron 2 células de carga en cada lado del contorno y en cada planta. De esta manera se pudo seguir la evolución real del muro, en las distintas fases de relleno del trasdós y de extracción de las bermas interiores. Por otra parte, la deformación de los muros se media a partir de un sistema de inclinómetros.

Hay que destacar dentro de la estructura una zona singular, como es el vial perimetral de circulación de camiones en la planta -2, que obligó a suprimir en esa zona el forjado -1 para obtener un gálibo suficiente en altura.

Dentro del vial, en la zona del muelle de descarga del hipermercado, se ha previsto un gran espacio, de unos 24 m de ancho por unos 70 m de largo, como plaza de maniobras para trailers. Por ello se apean los pilares de las plantas superiores sobre unas vigas de 2,00 m de ancho x 2,50 m de canto con una luz de unos 24 m.

También fue preciso disponer algunos apeos más en las curvas del vial y en otros puntos que lo requerían.

La estructura de la zona de Cines es de acero laminado.

Las características básicas de los materiales fueron:

- Acero laminado A-52b
- Acero para armar AE-500
- Hormigón de pilares H-35
- Hormigón de losas H-30

La estructura del centro comercial Diagonal Mar en Barcelona

EL SISTEMA CONSTRUCTIVO DE LA ESTRUCTURA

Una vez ejecutados los muros se procedió de la siguiente forma:

- Primera excavación creando una plataforma de trabajo desde la que se realizó el anclaje provisional de los muros pantalla.
- Segunda excavación hasta la cota inferior del parking P3 (-10,80), en la zona perimetral. El ancho de misma, del orden de 30 m, era variable, de forma que cuando se excavase la zona central quedase como mínimo una berma de 24 m.
- Ejecución de pilotes panel desde la cota -10,80 hasta la -33,00, donde se encuentra un estrato de gravas de potencia suficiente. Los pilotes tienen en su mayoría una sección de 1 m × 4-5 m. Se hormigonaban hasta la cota de la solera de P5, y se colocaba un pilar metálico empotrado en el hormigón del pilote y que sobresalía del plano de trabajo, incluyendo la crucea de punzonamiento del forjado P3 y el solape para continuidad del pilar de hormigón a partir de dicha planta.
- Ejecución del forjado perimetral del aparcamiento P3, encofrado directamente sobre el suelo con lámina de polietileno. La



Fig. 6. Ejecución de los pilotes panel. Se pueden ver los anclajes provisionales sobre el muro.

La estructura del centro comercial Diagonal Mar en Barcelona



Fig. 7. Vista general. Pueden verse los solapes de los pilares metálicos enterrados.



Fig. 8. Ejecución de pilotaje prefabricado en Zona central.

zona perimetral se iba construyendo normalmente a partir de esta planta.

- Tercera excavación hasta la cota $-18,00$ en la zona central, por debajo de la solera, creando una nueva plataforma de trabajo. Esta fase se solapaba y simultaneaba con la ejecución de los pilotes panel de la zona perimetral.
- Excavación de la sobreberma entre las plantas P5 y P3, a partir del desapuntado de P2. Es la parte de las tierras, que por necesidades de talud, se solapa entre el borde de P3 y la solera de P5, que han de estar en la misma vertical.
- Ejecución en la zona central de un pilotaje prefabricado, encepados, relleno drenante y solera del aparcamiento P5. A partir de aquí se construye normalmente la zona central.
- Cuando la zona central, que se ejecutaba con posterioridad a la perimetral, alcanzó la planta R1 se cerraron todas las entrecalles y se procedió al retacado de los forjados contra los muros pantalla, con lo que la misión de arriostrado de los mismos fue asumida por dichos forjados.
- Destesado e impermeabilización de los anclajes provisionales.
- Extracción de la berma de P4.
- Ejecución del forjado perimetral de P4, encofrado contra el suelo y retacado contra el muro pantalla.
- Extracción de la berma de P5, y relleno del trasdós de los muros para pasar del terreno natural $+2,00$ a la cota de calle $+6,00$.
- Ejecución de la solera de la zona perimetral de P5 y retacado de la misma.

La estructura del centro comercial Diagonal Mar en Barcelona



Fig. 9. Movimiento de tierras en solera y encepados y pilares del aparcamiento P5, en Zona central.

LA EJECUCIÓN DE LA ESTRUCTURA

El tipo de estructura, con muchas jácenas colgadas, muros, etc. no permitía el uso de mesas, ni otros encofrados elaborados. Se



Fig. 10. Vista de una zona donde se aprecia la gran complejidad de la estructura.

optó por un sistema tipo mecano, con correas metálicas y tablero de madera.

Para las plantas comerciales y zonas de mayor altura, se diseñó un puntal especial de 6,90 m de largo. La gran cantidad de m² a ejecutar permitió recurrir a esta solución, que el fabricante de los encofrados no tenía en su catálogo. Esta medida fue todo un éxito y permitió incrementar notablemente el rendimiento.

La ferralla de forjados y muros se montó «in situ», preelaborándose únicamente la de pilares.

En las losas se usó como separador un perfil U de plástico gris de 4 cm de ala para garantizar el recubrimiento. Como distanciador para la capa superior, en los forjados de 30 cm, se usaron armaduras metálicas de celosía de las habituales en viguetas de forjado.

Para losas de espesores mayores se usaron caballetes de redondo.

En las juntas de hormigonado se utilizó una placa vertical de acero nervado en la zona entre armaduras, tanto en las uniones entre pastillas como en las originadas por las entrecalles.

Los trabajos se planificaron en base de pastillas de unos 800 m², que se consideró como dimensión óptima para los mismos.

Los pilares se llenaban con cubilote, y los forjados y jácenas, así como los muros, con bomba. Hay que destacar a este respecto que en muchas ocasiones los recorridos de tubería superaban los 100 m.

Se utilizaron unos distribuidores de hormigón, que se situaban en el centro de la pastilla, con brazo rotatorio y unas mangueras

La estructura del centro comercial Diagonal Mar en Barcelona



Fig. 11. Brazo rotatorio de distribución del hormigón.

de remate, que repartían fácilmente el hormigón. Se disponía de 3 de estas unidades para actuar como mínimo sobre 3 pastillas. En ocasiones en que se ejecutaba alguna más, las más próximas a las calles eran atendidas directamente por los brazos de los camiones bomba.

Se utilizaron 8 grúas torres con brazos de 40 m y cargas en punta, según la ubicación, entre los 2.000 y los 4.000 kg. Es de destacar, que algunas de estas grúas fueron utilizadas para introducir y sacar de los sótanos P4 y P5, maquinaria de movimiento de tierras para la extracción de las bermas.

Las cantidades de material empleados fueron:

- Hormigón puesto en obra . . . 201.000 m³
- Acero utilizado 21.500 t

LAS BERMAS DE TIERRAS Y EL HORMIGONADO DE LA ZONA PERIMETRAL DE P4 Y P5

Un capítulo especial fue la extracción de la tierra de las bermas. En total se tuvieron que sacar unos 150.000 m³, además de disponer en la solera un relleno drenante de grava, de 30 cm de espesor, en una superficie de unos 28.000 m². Además, dada la mala calidad de las tierras y su alta humedad, hubo que construir caminos y estabilizar el terreno para poder avanzar con la excavación, empleando a diario gravas y escorias en cantidades apreciables.

Se habilitó con este objeto una tolva que vertía sobre una cinta extractora continua, la cual, dentro del Túnel de Puigcerdá, descargaba directamente sobre los camiones que iban a vertedero. Paralelamente existía una flota de 6 camiones pequeños, carrozados expresamente para tener un gálibo inferior a los 2 m, con volquete hacia atrás y hacia los dos lados. Estos camiones normalmente salían al exterior por las rampas internas del parking, complementando la producción de la cinta, e introduciendo escorias, gravas u otros materiales necesarios.

La tolva estaba servida por una flota de 15 dumpers de 3 m³. de capacidad, además de otros vehículos menores de transporte. El rendimiento medio diario de la extracción de las bermas rondaba los 1.100 m³.

En los tajos había palas de diverso tonelaje y retroexcavadoras. En los momentos de mayor producción en el aparcamiento P5, con extracción de bermas y ejecución de la capa drenante, se llegó a tener dentro del edificio una flota de unos 30 vehículos diversos.

La estructura del centro comercial Diagonal Mar en Barcelona

Se trabajaba en la altura de una entreplanta de aparcamiento, con una sofisticada y compleja instalación de ventilación, con aportación de aire limpio exterior y extracción forzada para mantener una atmósfera respirable. Se realizaban mediciones continuas de CO y periódicamente de otros iones.

El forjado de la planta del aparcamiento P4 se encofró contra tierra con lámina de polietileno, salvo pequeñas zonas de transición que requirieron encofrado de madera.

En la solera de P5, una vez hecha la primera nivelación, se ejecutaban obras de fábrica, como depósitos y arquetas (en ocasiones de más de 5 m²), se disponía el relleno drenante, se colocaban las instalaciones que iban por debajo de la solera y por último se armaba con dos mallas de \varnothing 14 cada 20 cm y se procedía al hormigonado.

Todo ello, seis plantas por debajo del nivel de calle, trabajando en equipo, con luz artificial; maquinistas, conductores, ferrallistas y encofradores, oficios todos ellos habituados al cielo abierto.

Para el hormigonado se colocaban las bombas en la calle y se procedía al hormigonado de las pastillas con tuberías, a veces con desarrollos de hasta 150 m.

Fue un trabajo muy penoso y de una grandísima complejidad.

LOS HORMIGONES EMPLEADOS

El hormigón fue fabricado por una empresa que montó en la obra una central de capacidad de 650/750 m³ / 8 horas. Cuando se precisaban cantidades mayores la misma

empresa lo suministraba desde otra planta cercana. Fueron bastantes los días en que se pusieron en obra 1.000 m³ o más.

Todos los forjados de cota de calle hacia abajo se curaron con una capa superior de agua durante 28 días, con objeto de minimizar los valores reales de la retracción. Para ello se disponían unos bordes de contención con cemento de fraguado rápido y se anegaban de agua en cuánto se había producido el primer endurecimiento del hormigón.

Después de varias pruebas y estudios, realizados con la colaboración de la Universitat Politècnica de Catalunya, sobre la retracción y la fluencia de distintas fórmulas de trabajo y su variabilidad según dosificaciones y resistencias, y teniendo asimismo en cuenta la necesidad de contar con un hormigón bombeable a grandes distancias, se adoptó la siguiente dosificación por m³:

- Cemento CEM I 52,5 R 325 kg
- Agua 180 l
- Arena 0-2 mm. 250 kg
- Gravilla 5-12 mm 200 kg
- Grava 12-20 mm 725 kg
- Aditivo reductor de agua
y fluidificante 3,40 l

En la solera y en las entrecalles se exigía el uso de un cemento expansivo (tipo K de la norma norteamericana ASTM C845), para reducir la retracción casi en su totalidad. No obstante dadas las dificultades de su importación, se buscaron otras alternativas.

Sobre la misma dosificación por m³, suprimiendo el aditivo citado, se hicieran prue-

La estructura del centro comercial Diagonal Mar en Barcelona

bas, plenamente satisfactorias con el empleo conjunto de:

Superplastificante (a base de naftalenos)	3,37 l	(1,2% sobre cemento)
Aditivo reductor de retracción	5,36 l	(1,5% sobre cemento)

Se obtuvieron retracciones del orden del 30% de la obtenidas solo con el superplastificante. Dado que además se realizó el curado en agua, se puede decir que las retracciones reales fueron insignificantes.

En el resto de la estructura se utilizaron productos filmógenos de curado.

LA PRODUCCIÓN Y LOS RECURSOS HUMANOS

En esta obra, además de su gran tamaño, es digno de mencionar el elevado ritmo de ejecución.



Fig. 12. Vista general con relleno de tierras, pilares de acero, encofrado y plantas acabadas.

Se instauró un Control de Producción, numérico y gráfico, presente en la red informática de la obra, con acceso incluso desde dependencias ajenas, que permitía programar a corto y tomar decisiones, así como conocer la situación diaria de los trabajos.

En dicho Control no solo se marcaba la producción diaria, sino la programación del resto de la semana y de la semana siguiente.

Se adjunta un cuadro con la Producción de Estructura realizada, en el que puede observarse su evolución a lo largo de los meses. Es a partir de octubre de 1999 cuando se empezó a alcanzar un ritmo elevado, llegándose en marzo de 2000 a construir más de 40.000 m² con una media diaria de 1.854 m².

Sólo se valoraba el metraje de forjado ejecutado. Ello equivale a que no se valoraban los pilares, muros, jácenas, etc., por lo que los valores alcanzados son muy importantes, ya que estamos hablando de m² de estructura completa ejecutada.

Hubo 6 semanas en que la media diaria semanal estuvo entre los 1.901 y los 2.134 m².

A partir de noviembre de 1999 se relacionan en el Control de Producción los encofrados y se calculan también los rendimientos por hombre-día.

A este personal hay que añadir en los meses de enero a agosto de 2000 unos 80 ferrallistas, más el equipo de seguridad de la obra y el de topografía.

Se pueden ver también en el mismo cuadro las producciones de los forjados de los aparcamientos P4 y P5, ejecutados con el edificio en fase de acabados, y con un rendimiento igualmente muy alto, por encima de los 600 m² diarios.

La estructura del centro comercial Diagonal Mar en Barcelona



Fig. 13. Hoja del Control de Producción de actualización diaria en la red informática de la Obra.

Se obtuvo una media de 746 m²/día, a lo largo de los 425 días en que se trabajó en la estructura, lo que puede considerarse un valor muy elevado teniendo en cuenta las características de la misma y los 28.000 m². de los forjados P4 y P5 realizados en el fondo de la obra con las plantas superiores en fase de acabados.

El equipo humano directivo dedicado solo a la Estructura, a las órdenes del Coordinador General de la Obra, estuvo compuesto de 1 Jefe de Obra, 1 Subjefe de Obra, 6 técnicos Ayudantes y 6 Encargados. Se contó además con el apoyo de los equipos de Seguridad, Calidad, Topografía, Oficina técnica, etc.

Se creó un Plan de Evacuación y Emergencia, que se actualizaba cada semana, dadas las variaciones morfológicas de la Obra.

	qmt consulting	qmt technology
CONSULTORÍA INTEGRAL DE OFICINAS TÉCNICAS DE PROYECTOS Y OBRAS		
<ul style="list-style-type: none"> - Consultoría estratégica - Consultoría de organización - Consultoría de calidad ISO 9001 - Consultoría tecnológica - Selección de personal - Consejeros externos de empresas 		
<p>qmt consulting C/ Pare Martí Grivé, nº 2-bis, B-8 08720 Vilafranca del Penedés tel/fax 938199363 info@qmtconsulting.com www.qmtconsulting.com</p>	<p>qmt technology C/ Iglesia, 160-bajos 08860 Castelldefels tel 936 658 345 fax 936 658 366 info@qmtconsulting.com www.qmtproject.com</p>	

4 Plataformas de trabajo para cimentaciones especiales

Juan José Rosas Alaguero

El presente documento tiene como objetivo establecer unos parámetros técnicos que sirvan como base para el diseño de plataformas de trabajo adecuadas para el desarrollo de las actividades propias de las cimentaciones especiales. El objeto de esta documentación tiene una gran importancia en base a los siguientes aspectos:

- **Seguridad en obras:** son numerosos los episodios negativos asociados a una deficiente calidad de la plataforma de trabajo, generando desde grandes accidentes asociados a vuelcos de maquinaria pesada hasta pequeños incidentes fruto de resbalones de personal.
- **Productividad:** Es evidente que una mala calidad de la plataforma repercute en la trafabilidad de ésta, lo cual alarga procesos y obliga a introducir controles no sistemáticos que rompen el ritmo de trabajo. Así mismo, las inclemencias del tiempo, condicionan altamente la trafabilidad de una obra, no únicamente en el momento de las precipitaciones, sino también, hasta que la plataforma vuelve a alcanzar las características mecánicas adecuadas para una trafabilidad eficiente.

Entendemos como plataforma de trabajo eficiente aquella que cumple los siguientes objetivos:

- **Capacidad de soporte** de la plataforma suficiente para soportar la trafabilidad de la maquinaria así como, los elementos auxiliares o los transportes de suministros de materiales, así como el personal.
- **Estabilidad de los taludes**, tanto en caso de realización de la plataforma mediante terraplenado como desmonte.

- **Accesos** hasta la zona de trabajo de dimensiones, estabilidad y pendiente suficiente como para posicionar la maquinaria, así como, sus elementos auxiliares en los puntos de trabajo.

- **Estabilidad de las características mecánicas**, y de trafabilidad, de la plataforma frente a inclemencias climáticas previsibles o aportaciones de agua asociada a metodologías, debiendo ser posible el trabajo con precipitaciones ligeras y teniendo la capacidad de recuperar la trafabilidad en un corto período de tiempo tras precipitaciones importantes.

- **Espacio suficiente** para el correcto movimiento de la maquinaria así como para el acopio de suministros e instalaciones de los diferentes elementos auxiliares inherentes al trabajo de cimentación.

En los apartados siguientes se tratarán cada uno de éstos aspectos.

CAPACIDAD DEL SOPORTE DE LA PLATAFORMA

La capacidad de soporte de la plataforma es la característica que permite garantizar que ésta soportará las acciones a las que estará sometida, con deformaciones compatibles con las características de las máquinas y los diferentes elementos asociados a los procesos operativos. Esta característica de la plataforma estará asociada a la resistencia a cortante del terreno implicado en el soporte de la maquinaria ya que sí se supera esta resistencia se generan mecanismos de ruptura, los cuales están asociados a grandes deformaciones las cuales pueden generar el vuelco de la maquinaria.

Plataformas de trabajo para cimentaciones especiales

Es importante destacar que la plataforma estará sometida a acciones de muy diferente naturaleza y magnitud, a modo de ejemplo seguidamente se listan algunas de ellas:

- Cargas dinámicas de tráfico asociadas al tránsito de los transportes de consumibles en obra (p.e. hormigón y armaduras). El nivel de cargas es el propio de este tipo de tráfico de camiones pesados.
- Cargas dinámicas asociadas al movimiento de la maquinaria de cimentaciones especiales. El nivel de cargas oscila entre

0,5 y 2,0 kg/cm² bajo las orugas de la maquinaria.

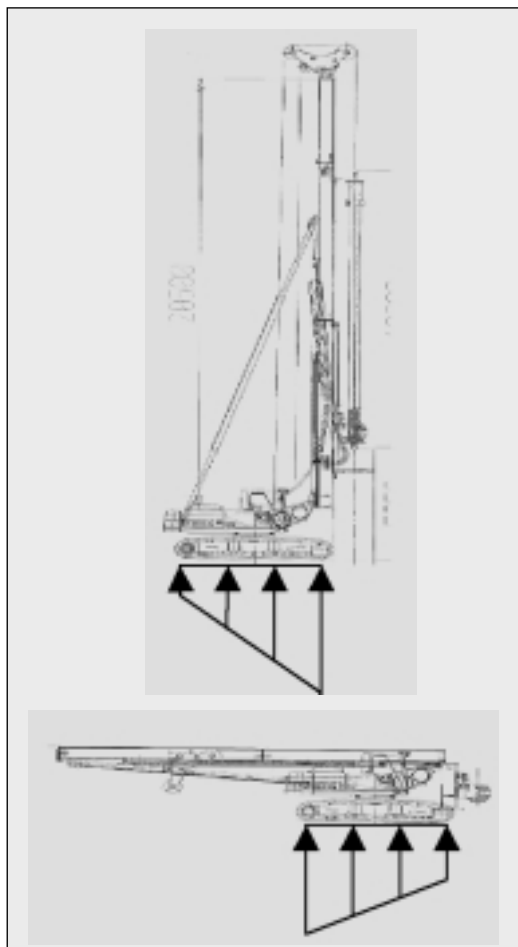
- Cargas dinámicas asociadas a la operativa de la realización de los elementos de cimentación. El nivel de cargas puede superar los 10 kg/cm² en el caso de extracciones de herramientas del terreno.
- Cargas estáticas asociadas al emplazamiento de elementos e instalaciones fijas, como pudieran ser silos o depósitos de lodos bentoníticos.

La naturaleza y magnitud de estas cargas puede ser muy diversa, variando, incluso en función si la maquinaria está desmontada o en situación de trabajo, como puede verse en las figuras inferiores, donde la misma máquina somete al terreno a distintos estados de tensiones en función si está desmontada o en posición de trabajo.

El proceso de materialización de la plataforma de trabajo tendrá una primera fase en la cual se realizará una primera excavación cuyo objetivo será un primer desbroce en el caso de plataformas por encima o a nivel del terreno natural, o alcanzar la cota adecuada en el caso de plataformas por debajo del nivel de terreno natural. Seguidamente se realizará una segunda fase de relleno y materialización de la plataforma con una doble función de alcanzar el nivel deseado de la plataforma de trabajo y conseguir que ésta tenga las características de trafabilidad adecuadas.

Fase 1: Excavación del terreno

Con la finalidad de alcanzar la cota de plataforma de trabajo puede ser necesario excavar el terreno existente, siendo obligado, como mínimo, el desbroce y retirada de la



Plataformas de trabajo para cimentaciones especiales

capa vegetal en un espesor mínimo en función de las características del terreno natural según la tabla siguiente, en la cual se diferencian dos tipologías del material a aportar para la realización de la plataforma definitiva:

<i>Terreno existente en obra</i>	<i>Espesor mínimo de plataforma con base de material tolerable y coronación de 30 cm de material adecuado o seleccionado *</i>	<i>Espesor mínimo de plataforma con base de material adecuado o seleccionado y coronación del mismo material *</i>
Terreno muy blando (limos de zonas pantanosas, terrenos con alto nivel de materia orgánica, rellenos antrópicos muy blandos, etc.) SPT < 0-2	150 cm (colocación de 2 capas de geotextil** para evitar contaminación entre materiales)	150 cm (colocación de 2 capas de geotextil** para evitar contaminación entre materiales)
Terreno blando (arcillas blandas, rellenos antrópicos de estructura abierta, etc.) SPT < 2-6	100 cm (se aconseja la colocación de una capa de geotextil** en el contacto entre el material existente y el material de aportación)	80 cm (se aconseja la colocación de una capa de geotextil** en el contacto entre el material existente y el material de aportación)
Terreno medio arcilloso o limosos con límite líquido superior a 40 y un porcentaje de fracción fina superior al 50% (pasa 0,08 UNE). SPT > 6	90 cm	70 cm
Terreno medio limosos o arenoso con límite líquido inferior a 40 y un porcentaje de fracción fina inferior al 50% (pasa 0,08 UNE). SPT > 6	60 cm	40 cm
Terreno medio arenoso o gravoso con límite líquido inferior a 40 y un porcentaje de fracción fina inferior al 35% (pasa 0,08 UNE) y densidad mínima de 1,8 Tn/m ³ , SPT > 10	30 cm	30 cm

* Se ha considerado la nomenclatura, respecto a las características del material de aportación expuestas en el PG-3.

** En el caso de utilización de geotextiles, deberá preverse que las herramientas de perforación a utilizar no tengan problemas para atravesar éstos.

Plataformas de trabajo para cimentaciones especiales

En el proceso de excavación del terreno o desbroce se localizarán los blandones superficiales los cuales se sanearán mediante el relleno con el material de explanación, así mismo, antes de extender la primera capa de terreno aportado deberá compactarse adecuadamente la superficie de la explanación, colocándose una manta de geotextil en aquellos casos en que se considere adecuado.

En el caso que el nivel freático esté próximo (menos de 30 cm) o por encima de la cota de excavación necesaria, se llegará hasta 30 cm por encima del nivel freático y será necesario subir la cota de la plataforma en la fase de relleno para conseguir los espesores solicitados.

En el caso de terrenos naturales en pendiente, la excavación se realizará mediante bermas de alturas entre 50 y 80 cm y anchos mayores de 2,00 metros ajustándose a la pendiente natural del terreno, estas bermas tendrán una pendiente de aproximadamente el 5% que permita el correcto drenaje del agua que circule entre el relleno y el terreno de excavación. En los bordes ataluzados se materializará la inclinación prevista en función de las características del terreno natural (ver taludes provisionales), materializando unas transiciones redondeadas tanto en el pie como en la coronación de los taludes con radios no inferiores al 25% de la altura del talud. Los tocones, raíces y cimentaciones existentes se eliminarán como mínimo en los primeros 50 cm y totalmente si interfieren en las perforaciones para realizar la futura cimentación. En el caso necesario de realización de rampas para acceder a las plataformas, deberán cumplirse los condicionantes expuestos en el apartado de rampas.

Es importante resaltar la importancia de disponer de datos suficientes en obra de la posición en planta y profundidad de las instalaciones existentes así como de los resguardos a respetar para no dañarlas, también debe de considerarse y respetarse la distancia de seguridad a las líneas eléctricas aéreas.

Fase 2: Relleno y materialización de la plataforma

Sobre el perfil de terreno excavado y las rampas de acceso se extenderán tongadas sucesivas de espesor uniforme manteniendo un sistema de pendientes que permita garantizar el correcto drenaje y no encharcamiento, se considera como pendiente aconsejable el 2%. El material a utilizar no contendrá más de un 25% en peso de piedras cuyo tamaño exceda los 15 cm, siendo muy desaconsejable la presencia de piedras de tamaño superior a 30 cm. El límite líquido será inferior a 40 ó simultáneamente: límite líquido inferior a 65 e índice de plasticidad mayor a $(0,60 * LL - 9)$. El índice CBR del material será superior a 3 y el contenido de materia orgánica será inferior al 2% (este requerimiento no presenta mayores dificultades con la utilización de un material calificado como tolerable según el PG-3). El material se extenderá con una densidad no inferior al 95% respecto a la densidad seca obtenida en el ensayo Proctor Modificado. En los bordes ataluzados se materializará la inclinación prevista en función de las características del material de relleno (ver taludes provisionales).

El relleno se finalizará con una coronación de espesor mínimo 30 cm con una granulometría tal que no existan piedras de tamaño superior a 10 cm ni un porcentaje de frac-

Plataformas de trabajo para cimentaciones especiales

ción fina (diámetro superior a 0,080 UNE) del 35 %, así como un límite líquido inferior a 40 y CBR superior a 5. En el caso que el proceso operativo esté asociado a una aportación constante de agua a la plataforma (p.e. trabajo con lodos bentoníticos descargando sobre el terreno) será aconsejable la utilización de un material con mayor capacidad de drenado, siendo adecuado limitar la cantidad de finos al 25 % y exigir un material con el límite líquido inferior a 30 e índice de plasticidad inferior a 10.

Tanto el material de relleno como el de coronación deberán extenderse y compactarse alcanzando como mínimo un nivel de compactación del 95 % Proctor, las diferentes capas se extenderán con un diseño de pendientes y zanjas drenantes que garanticen el correcto drenaje de la plataforma, con una pendiente máxima final del 1 % que permita una escorrentía superficial adecuada, así como una trafabilidad adecuada para las características de los equipos de cimentaciones especiales.

TALUDES PROVISIONALES

Los cambios de nivel interiores de la plataforma así como en los perimetrales se resolverán mediante taludes suficientemente estables como para garantizar la seguridad del trabajo en fase de construcción, es importante resaltar que estos condicionantes serán de aplicación tanto en el caso que la plataforma esté en la parte superior del talud como si está en la parte inferior.

Salvo estudio justificativo los taludes en obra respetarán las siguientes inclinaciones en función del material que lo forma y si el talud es resultado de un desmonte o un te-

rraplado, siendo obligado respetar la zona de resguardo del talud indicada. Se dispondrán topes de seguridad que impidan que las máquinas se acerquen a la zona de resguardo del talud, así mismo, nunca se acumularán tierras en la zona de resguardo del talud (véase el cuadro de la página 36).

Los límites expuestos no aplicarán en el caso de los taludes de las rampas, los cuales deberán tenderse un 20 % más, pudiéndose, entonces reducir la anchura de resguardo a 50 cm.

En el caso que operativamente no sea posible respetar los límites arriba expuestos, debido a la existencia de taludes de altura superior a 6,00 metros o imposibilidad de cumplir las distancias mínimas de resguardo, la Dirección Facultativa de la obra deberá realizar un calculo de estabilidad de los taludes considerando un carro de cargas de anchura 4 metros y carga 10 Tn/m². con los parámetros del terreno obtenidos en el correspondiente estudio geotécnico.

ACCESOS A ZONA DE TRABAJO

El correcto diseño de accesos a una obra de cimentaciones es fundamental para garantizar el acceso de la maquinaria de cimentaciones así como de los transportes de materiales, como puede ser el hormigón o las armaduras. Estos accesos deberán cumplir todos los condicionantes de capacidad de soporte, trafabilidad y estabilidad climática más atrás expuestos.

En el caso de accesos a los puntos de trabajo desde diferentes niveles, éstos se materializarán mediante rampa, normalmente

Plataformas de trabajo para cimentaciones especiales

<i>Talud en desmonte (H = altura < 6,00 metros)</i>		
<i>Material existente</i>	<i>Inclinación del talud (respecto a la horizontal)</i>	<i>Zona de resguardo</i>
Terreno muy blando (limos de zonas pantanosas, terrenos con alto nivel de materia orgánica, rellenos antrópicos muy blandos, etc.) SPT < 0-2	Estudio específico	Estudio específico
Terreno blando (arcillas blandas, rellenos antrópicos de estructura abierta, etc.) SPT < 2-6	35°	H o 2,00 m.
Terreno medio arcilloso o limosos con límite líquido superior a 40 y un porcentaje de fracción fina superior al 50% (pasa 0,08 UNE). SPT > 6	45°	H/3 o 1,50 m.
Terreno medio limosos o arenoso con límite líquido inferior a 40 y un porcentaje de fracción fina inferior al 50% (pasa 0,08 UNE). SPT > 6	45°	H/2 o 1,50 m.
Terreno medio arenoso o gravoso con límite líquido inferior a 40 y un porcentaje de fracción fina inferior al 35% (pasa 0,08 UNE) y densidad mínima de 1,8 Tn/m ³ , SPT > 10	45°	H/3 o 1,00 m.
<i>Talud en terraplen (altura < 6,00 metros)</i>		
<i>Material aportado</i>	<i>Inclinación del talud (respecto a la horizontal)</i>	<i>Zona de resguardo</i>
Aportación de material tolerable con coronación de material adecuado o seleccionado.	45°	H/2 o 1,50 m.
Aportación de material adecuado o seleccionado	45°	H/3 o 1,00 m.

estas rampas no estarán sometidas a las limitaciones de pendientes impuestas en la plataforma de trabajo ya que es muy habitual acceder a la obra con la maquinaria semidesmontada, estado en el cual la maquinaria es mucho más estable, a modo de indicación, éstas tendrán un ancho mínimo de 5,00 metros en tramos rectos y de 7,5 en curvas así como unas pendientes máximas de 12 o 8% para tramos rectos y curvos respectivamente, con una radio mínimo para las curvas de 15 metros, siguiendo los

taludes las indicaciones atrás consideradas (ver taludes provisionales). Por el contrario, los condicionantes de soporte y calidad de la plataforma serán, normalmente, más altos, en el caso de rampas, debido a que en éstas, las acciones de tráfico son más importantes, sobre todo, debido al tráfico constante asociado al suministro de materiales, debido a esto último, se aconseja la utilización de un material con el cual, previo extendido y compactado, se obtenga un CBR mayor de 10.

Plataformas de trabajo para cimentaciones especiales

ESTABILIDAD DE LAS CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS Y DE TRAFICABILIDAD

Para garantizar una correcta traficabilidad en la plataforma de trabajo, tanto en el momento de la entrada de los equipos como en todo el proceso de trabajo, será preciso pensar no únicamente en las acciones que la maquinaria de cimentaciones transmite al terreno sino también en los siguientes aspectos:

- Será preciso garantizar el acceso de los transportes de suministros hasta su punto de colocación, por lo que habrá de preverse la circulación de camiones y grúas autoportantes sobre camión.
- La plataforma debe tener la capacidad de permitir el trabajo con un nivel de lluvia medio, con un correcto drenaje que impida la formación de charcos importantes.
- El drenaje de la plataforma debe de permitir que incluso con un nivel de lluvias importantes, la plataforma permita el trabajo de las máquinas de cimentaciones especiales y que tras un periodo de horas tras el cese de las lluvias, recupere su traficabilidad para los vehículos de suministro de materiales y el personal de a pie.
- Se preverán los medios básicos para el correcto mantenimiento de la plataforma, disponiendo de acopios de materiales seleccionados, maquinaria de movimiento de tierras y bombas de achique de agua y lodos.
- Se evitará que el agua circule por el talud, generando las adecuada zanjas en la coronación de éste, así como posibles bajantes si el talud es de gran longitud.

Para conseguir los objetivos arriba expuestos es fundamental el correcto diseño del drenaje de la obra, así como la utilización en la coronación de la plataforma de trabajo de materiales con una granulometría que permita dicho drenaje y que garanticen que las características resistentes de la plataforma se muestran estables frente a un precipitado aumento de humedad.

El correcto drenaje se conseguirá con un diseño de pendientes adecuado y la utilización de zanjas drenantes o incluso pozos de bombeo, en el caso que las pendientes de la obra no se consideren suficientes para una rápida evacuación del agua.

Es importante destacar que muchos de los procesos operativos de las cimentaciones especiales generan gran cantidad de fangos y residuos líquidos de diferentes naturalezas (lechadas de cemento, lodos bentoníticos, etc.) por lo que, incluso en ausencia de precipitaciones la plataforma debe de estar capacitada para un correcto drenaje.

REQUERIMIENTOS DE ESPACIO

Los requerimientos de espacio dependerán de numerosos aspectos y varían mucho en función de la tipología de cimentación especial considerada así como de las dimensiones de ésta y la maquinaria a utilizar, debido a esto no es posible establecer unos criterios generalizables, siendo muy aconsejable la consulta con las empresas especializadas del ramo, ya que estos aspectos geométricos pueden ser absolutamente limitativos.

Debido a las limitaciones arriba mencionadas, en el presente texto se considera preferible analizar una serie de casos típicos con diferentes tipologías de cimentación:



Plataformas de trabajo para cimentaciones especiales

MURO PANTALLA		
<i>DESCRIPCIÓN: Realización de un muro pantalla de espesor 0,80 metros de profundidad 18,00 metros con utilización de lodos bentoníticos para la estabilización de las paredes de la perforación.</i>		
ESPACIOS A CONSIDERAR		
Elemento	Descripción	Requerimientos de espacio
Maquinaria de perforación	Maquinaria de excavación mediante bivalba hidráulica o de cables formada por un equipo grúa y una cuchara.	Zona de actuación de aproximadamente 100 m ² (elemento móvil)
Equipo auxiliar	Maquinaria encargada de auxiliar a la máquina principal, en aquellas tareas para las cuales no está adaptada o para mejorar su productividad librando al equipo auxiliar de tareas como la colocación de las armaduras, la gestión de juntas o el hormigonado. Este equipo será opcional si el equipo de perforación de pantallas puede realizar todas las tareas.	Zona de actuación de aproximadamente 80 m ² (elemento móvil)
Equipo de gestión y reciclado de lodos	Equipo encargado del reciclaje, refinado y gestión de los lodos bentoníticos. Este equipo se formará por un conjunto de depósitos de capacidad suficiente para almacenar los lodos bentoníticos y un conjunto de desarenadores cuya función será extraer la porción arenosa del lodo bentonítico.	Zona de actuación de aproximadamente 170 m ² (elemento fijo). Esta zona estará conectada mediante canalizaciones con todos los puntos de perforación.
Equipo de gestión de tierras	Equipo encargado de ir acopiando las tierras procedentes de la excavación de los módulos pantalla.	Zona de actuación de aproximadamente 60 m ² (elemento móvil)
Zona de acopios de terreno procedente de la excavación	Área de acopio de las tierras procedentes de la excavación hasta su transporte a vertedero exterior.	Zona de actuación de aproximadamente 100 m ² (elemento fijo).
Zona de localización de elementos auxiliares	Área de acopio de elementos auxiliares propios de la realización de los muros pantalla: Juntas, tuberías tremie, gatos extractores, equipos de soldadura, casetas, zona de reparación y recrecido de elementos, trépanos, etc.	Zona de actuación de aproximadamente 75 m ² (elemento fijo).
Zona de acopio y montaje de armaduras	Área de montaje y almacenaje de las armaduras. Deberá preverse un acopio mínimo de las armaduras a consumir en dos jornadas así como una zona de montaje de dichas armaduras.	Zona de actuación de aproximadamente 200 m ² (elemento fijo).
RESUMEN		
Dadas las características de la obra planteada son necesarias diversas zonas logística con una reserva de espacio de aproximadamente 550 m ² , siendo necesario prever una serie de elementos móviles (maquinaria) cuyas áreas de influencia son de aproximadamente (240 m ²).		

Plataformas de trabajo para cimentaciones especiales

PILOTES ENTUBADOS		
<i>DESCRIPCIÓN: Realización de la cimentación de tres grandes pilas para viaducto ferroviario, mediante pilotes de diámetro 1.500 mm y longitud 24 metros utilizando entubación recuperable como contención provisional de las paredes de perforación.</i>		
ESPACIOS A CONSIDERAR		
Elemento	Descripción	Requerimientos de espacio
Maquinaria de perforación	Maquinaria de excavación mediante equipo rotativo hidráulico equipado con morsa de movimiento de la tubería exterior.	Zona de actuación de aproximadamente 100 m ² (elemento móvil).
Equipo auxiliar	Maquinaria encargada de auxiliar a la máquina principal, en aquellas tareas para las cuales no está adaptada o para mejorar su productividad librando al equipo auxiliara de tareas como la colocación de las armaduras o el hormigonado. Este equipo será opcional si el equipo de perforación puede realizar todas las tareas.	Zona de actuación de aproximadamente 80 m ² (elemento móvil).
Equipo de gestión de tierras	Equipo encargado de ir acopiando las tierras procedentes de la excavación de los pilotes.	Zona de actuación de aproximadamente 60 m ² (elemento móvil).
Zona de acopios de terreno procedente de la excavación	Área de acopio de las tierras procedentes de la excavación hasta su transporte a vertedero exterior.	Zona de actuación de aproximadamente 100 m ² (elemento fijo).
Zona de localización de elementos auxiliares	Área de acopio de elementos auxiliares propios de la realización de los pilotes entubados: tuberías tremie, tuberías de entubar, equipos de soldadura, casetas, zona de reparación y recrecido de elementos, etc.	Zona de actuación de aproximadamente 75 m ² (elemento fijo).
Zona de acopio y montaje de armaduras	Área de montaje y almacenaje de las armaduras. Deberá preverse un acopio mínimo de las armaduras a consumir en dos jornadas así como una zona de montaje de dichas armaduras.	Zona de actuación de aproximadamente 200 m ² (elemento fijo).
RESUMEN		
Dadas las características de la obra planteada son necesarias diversas zonas logística con una reserva de espacio de aproximadamente 375 m ² , siendo necesario prever una serie de elementos móviles (maquinaria) cuyas áreas de influencia son de aproximadamente (240 m ²).		

Plataformas de trabajo para cimentaciones especiales

MURO PANTALLA MEDIANTE HIDROFRESA		
<i>DESCRIPCIÓN: Realización de muro pantalla de profundidad 45 metros y espesor 1.200 mm.</i>		
ESPACIOS A CONSIDERAR		
Elemento	Descripción	Requerimientos de espacio
Maquinaria de perforación	Maquinaria de perforación mediante equipo formado por grúa de gran tonelaje e hidrofresa de peso 30 t.	Zona de actuación de aproximadamente 300 m ² (elemento móvil).
Equipo auxiliar	Maquinaria encargada de auxiliar a la hidrofresa, en aquellas tareas como la colocación de las armaduras, el hormigonado y la realización de preexcavación para conseguir contrapresión en la hidrofresa.	Zona de actuación de aproximadamente 120 m ² (elemento móvil).
Equipo de gestión y reciclado de lodos	Equipo encargado del reciclaje, refinado y gestión de los lodos bentoníticos. Este equipo se formará por un conjunto de depósitos de capacidad suficiente para almacenar los lodos bentoníticos y un conjunto de filtros, ciclones y tamices motorizados, cuya función será depurar el lodo bentonítico para poder ser reutilizado.	Zona de actuación de aproximadamente 1.200 m ² (elemento fijo). Esta zona estará conectada mediante canalizaciones con todos los puntos de perforación.
Equipo de gestión de tierras	Equipo encargado de ir cargando las tierras procedentes del equipo de gestión de lodos bentoníticos, a los transportes que trasladarán éstas a los vertederos exteriores.	Zona de actuación de aproximadamente 150 m ² (elemento móvil).
Zona de localización de elementos auxiliares	Área de acopio de elementos auxiliares propios de la realización de los pilotes entubados: tuberías tremie, equipos de soldadura, casetas, zona de reparación y recrecido de elementos, etc.	Zona de actuación de aproximadamente 275 m ² (elemento fijo).
Zona de acopio y montaje de armaduras	Área de montaje y almacenaje de las armaduras. Deberá preverse un acopio mínimo de las armaduras a consumir en dos jornadas así como una zona de montaje de dichas armaduras.	Zona de actuación de aproximadamente 650 m ² (elemento fijo).
RESUMEN		
Dadas las características de la obra planteada son necesarias diversas zonas logística con una reserva de espacio de aproximadamente 2.100 m ² , siendo necesario prever una serie de elementos móviles (maquinaria) cuyas áreas de influencia son de aproximadamente (550 m ²).		

Plataformas de trabajo para cimentaciones especiales

COLUMNAS DE JET-GROUTING		
<p><i>DESCRIPCIÓN: Realización de un conjunto de columnas de Jet-Grouting como tapón de fondo en excavación al amparo de muros pantalla. Realización de columnas con una perforación estéril de longitud 14 metros y zona tratada de longitud 4,00 metros, utilizando la técnica del Jet de agua a alta presión y el relleno de cemento a media presión, (JET-2).</i></p>		
ESPACIOS A CONSIDERAR		
Elemento	Descripción	Requerimientos de espacio
Maquinaria de perforación	Maquinaria de perforación con cabeza rotatoria de eje hueco sobre carro de orugas y columna con alargador hasta 20 metros.	Zona de actuación de aproximadamente 50 m ² (elemento móvil).
Equipo de inyección a alta presión	Conjunto de bombas y mezcladoras para inyección de los fluido agua y lechada de cemento.	Zona de actuación de aproximadamente 50 m ² (elemento fijo).
Silos y zona de acopio de cemento y agua	Medios de acopio de cemento para suministrar a los mezcladores y el conjunto de bombas de inyección.	Zona de actuación de aproximadamente 75 m ² (elemento fijo).
Zona de acopios de rechazo de material procedente de la perforación	Área de acopio formada habitualmente por unas balsas de decantación para separar el agua del residuo sólido, así como unos contenedores o zona de acopio del residuo sólido, posteriormente a trasladar a vertederos exteriores.	Zona de actuación de aproximadamente 100 m ² (elemento fijo).
Zona de localización de elementos auxiliares	Área de acopio de elementos auxiliares propios de la realización tratamiento con Jet-Grouting: tuberías de inyección y perforación, equipos de soldadura, casetas, zona de reparación, etc.	Zona de actuación de aproximadamente 50 m ² (elemento fijo).
RESUMEN		
<p>Dadas las características de la obra planteada son necesarias diversas zonas logística con una reserva de espacio de aproximadamente 275 m², siendo necesario prever una serie de elementos móviles (maquinaria) cuyas áreas de influencia son de aproximadamente (50 m²).</p>		



Plataformas de trabajo para cimentaciones especiales

ANCLAJES		
<i>DESCRIPCIÓN: Realización un conjunto de anclajes provisionales de longitud media 26 metros para estabilización de muro pantalla previamente realizado.</i>		
ESPACIOS A CONSIDERAR		
Elemento	Descripción	Requerimientos de espacio
Maquinaria de perforación	Maquinaria de perforación con martillo en cabeza sobre carro de orugas y columna de longitud 8,50 metros.	Zona de actuación de aproximadamente 40 m ² (elemento móvil).
Equipo de inyección	Conjunto de bombas y mezcladoras para inyección de lechada de cemento.	Zona de actuación de aproximadamente 20 m ² (elemento fijo).
Zona de acopio de cemento y agua	Medios de acopio de cemento para suministrar a los mezcladores y el conjunto de bombas de inyección. Posible depósito de agua como regulador de caudal en el caso que la salida de obra no sea suficiente.	Zona de actuación de aproximadamente 25 m ² (elemento fijo).
Zona de formaciones de cable y placas de fijación	Medios de acopio de cemento para suministrar a los mezcladores y el conjunto de bombas de inyección. Posible depósito de agua como regulador de caudal en el caso que la salida de obra no sea suficiente.	Zona de actuación de aproximadamente 70 m ² (elemento fijo).
Zona de acopios de rechazo de material procedente de la perforación	Área de acopio formada habitualmente por unas balsas de decantación para separar el agua del residuo sólido, así como unos contenedores o zona de acopio del residuo sólido de terreno existente, posteriormente a trasladar a vertederos exteriores.	Zona de actuación de aproximadamente 20 m ² (elemento fijo).
Zona de localización de elementos auxiliares	Área de acopio de elementos auxiliares propios de la realización de anclajes: tuberías de inyección y perforación, equipos de tensado y posible instrumentación, equipos de soldadura, casetas, zona de reparación, etc.	Zona de actuación de aproximadamente 50 m ² (elemento fijo).
RESUMEN		
Dadas las características de la obra planteada son necesarias diversas zonas logística con una reserva de espacio de aproximadamente 185 m ² , siendo necesario prever una serie de elementos móviles (maquinaria) cuyas áreas de influencia son de aproximadamente (40 m ²).		

5 Una mica d'història

Manel Soler



Fa quasi bé 100 anys, el besavi d'uns dels nostres associats, el senyor Manel Soler i Padró, va patentar el revoltó portàtil, de totes formes i dimensions. Hem pensat que aquesta documentació, per la seva curiositat i vinculació al nostre sector, pot ser d'interès de tots.



Hace casi 100 años, el bisabuelo de uno de nuestros socios, el señor Manel Soler Padró, patentó la bovedilla portátil, de todas formas y dimensiones. Hemos pensado que esta documentación, por su curiosidad y vinculación a nuestro sector, puede ser de interés para todos.





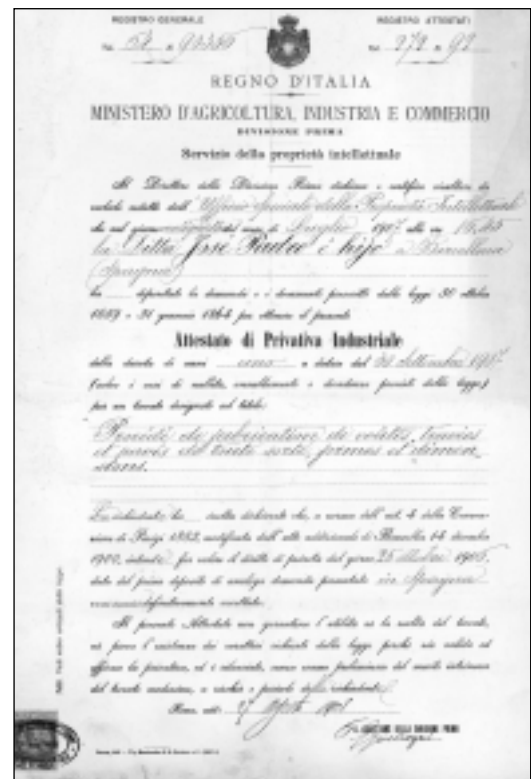
Una mica d'història Un poco de historia



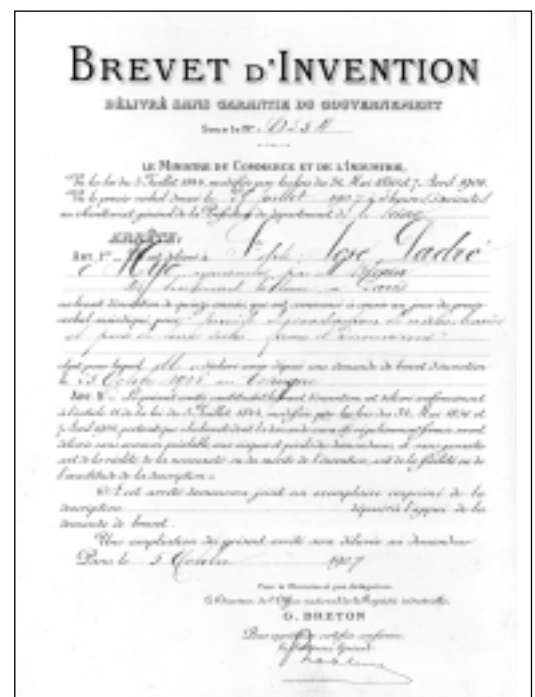
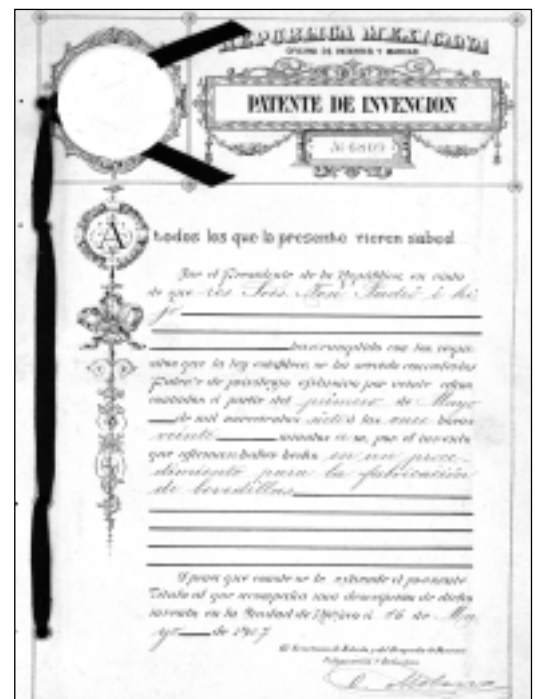
D'aquesta patent, en trobem registres a diversos països. Aquí tenim una mostra de documents d'Espanya, Itàlia, França, Portugal i Mèxic.



De esta patente, encontramos registros en distintos países. Aquí tenemos una muestra de documentos de España, Italia, Francia, Portugal y Méjico.



Una mica d'història
Un poco de història



6 La necesidad de un estudio de solidez en obras de rehabilitación

Kenneth Vera Ruiz y Jesús Alonso Izquierdo

ANTECEDENTES

La rehabilitación de edificios destinados a viviendas constituye hoy en día una de las actividades del sector inmobiliario con mayor auge en las grandes capitales (consultar la tendencia del sector en la Fig. 1 y Fig. 2), tal es así, que ante la falta de suelo resulta atractivo adquirir un edificio en el que se puedan aprovechar todas las plantas existentes, sin las limitaciones de la normativa urbanística en cuanto a la altura reguladora y al número máximo de plantas a construir, existiendo incluso la posibilidad del «derecho de vuelo» o de levantar una planta más (ampliación o remonta).

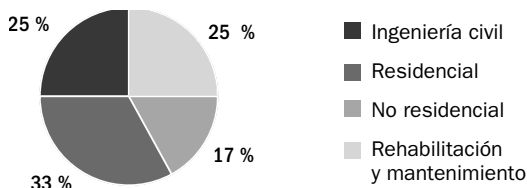


Fig. 1. Durante el año 2004 el sector de la construcción experimentó un crecimiento aproximado del 3,5%, superando incluso el incremento del PIB.

El cambio de uso es otra de las modalidades que vienen a formar parte de las actuales promociones. Edificios existentes destinados a uso comercial, administrativo, residencial e incluso industrial son adquiridos para la promoción de viviendas (pisos, apartamentos, lofts), lo que conlleva la redacción de un proyecto de reforma y/o ampliación.

La rehabilitación en su sentido más amplio comprende las obras encaminadas a restituir, recuperar o mejorar la calidad del edificio en el sentido del mayor confort para sus actuales o futuros ocupantes, con dos condicionantes básicos fundamentales: los as-

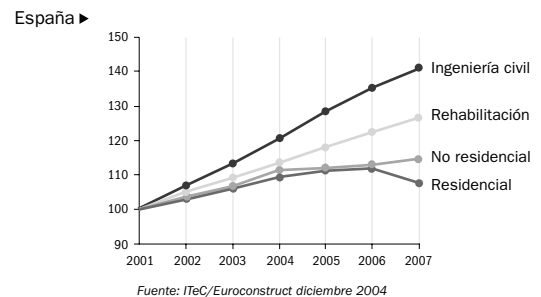


Fig. 2. Tendencia del sector a medio plazo.

pectos mecánicos y funcionales (salubridad, seguridad de sus ocupantes, aislamiento térmico, acústico, etc.)

Respecto al primero, en los formatos de comprobación en que se basan los diferentes Eurocódigos en lo que a las bases de proyecto y acciones sobre la estructura se refiere, se supone una vida útil de la estructura para los edificios y estructuras habituales de 50 años o 25, para las partes reemplazables de la misma.

El proyectista se encuentra que gran parte de estos edificios, que llegan a ser centenarios, no cumplen o difícilmente cumplen las exigencias de las actuales normas básicas de estructuras, cuyos formatos de comprobación se basan en los estados límites últimos y de servicio frente al método clásico de tensiones admisibles bajo el que fueron calculadas. Es por ello que se exige *un enfoque diferente*, como es la justificación mediante cálculos de que en los elementos estructurales integrantes del edificio no se reducen los coeficientes de seguridad establecidos por normativa, o bien proponer en su caso la intervención estructural requerida.

Por otra parte, resulta habitual que el proyectista o calculista se junte con un cúmulo de actas de laboratorio (testigos, muestras

La necesidad de un estudio de solidez en obras de rehabilitación

de ladrillo, acero, END, etc.) tomadas de catas sin un programa previo, sin saber a ciencia cierta el grado de representatividad de las muestras y mucho menos como encajar tales datos en la resistencia de los materiales. Es aquí precisamente, en esta labor de desbroce e investigación, donde nace la necesidad de llevar a cabo un Estudio de solidez del edificio, con el objeto de *documentar la compatibilidad de la obra nueva con la preexistente*. Esta labor ha de ser realizada por un organismo que comprenda las necesidades de promotor y proyectista, y que coordine a los diferentes laboratorios que intervienen en la toma de muestras y en la realización de los ensayos.

En efecto, resulta necesario que un organismo lleve a cabo un estudio exhaustivo del edificio, de las partes que lo componen, de las lesiones que se aprecian, todo ello mediante un plan establecido, lo que conlleva un levantamiento en el que se identifiquen

las diferentes tipologías estructurales existentes, el tipo de cimentación y la caracterización geológica y geomecánica del terreno. Los ensayos deben ser organizados y evaluados de forma tal que la estructura tenga el *mismo nivel de fiabilidad* respecto a todos los estados límites y de servicio que el de las estructuras de nueva planta calculadas conforme a las actuales normas básicas.

PARTES QUE COMPONEN EL ESTUDIO DE SOLIDEZ

A tal efecto se considera que un Estudio de Solidez debería comprender los siguientes apartados:

1. Establecimiento de un PLAN DE ACTUACIÓN adaptado al edificio existente y que básicamente comprende los siguientes aspectos:
 - Geotecnia y cimentación: realización de catas para verificar la cota del estrato de apoyo, la caracterización geológica del terreno y coordinar la toma de muestras para la caracterización geomecánicas de éste (Estudio Geotécnico). En las mismas catas se determina las características geométricas del tipo de cimentación, armado en su caso y se coordina la toma de muestras para los ensayos (extracción de probetas testigo, muestras de la fábrica resistente, etc.)
 - Inspección general del estado de los cerramientos de fachada y de la cubierta del edificio, verificando la posible existencia de humedades por filtración, capilaridad, condensación, etc., princi-



Fig. 3.

La necesidad de un estudio de solidez en obras de rehabilitación

palmente por la posible afección que puedan tener sobre los elementos estructurales.

- Estructura del edificio: en primer lugar se procede a una Inspección general para comprobar el estado de los diferentes elementos estructurales y verificar la existencia o no de lesiones (fisuras, desportillados, síntomas de corrosión, ataques por xilófagos en madera, etc.) y definir en su caso un procedimiento adecuado de reparación.

Verificación geométrica de la estructura existente conforme a los planos disponibles (luces de pórticos, forjados, alturas y plomos de pilares, etc.) y establecimiento de un plan de catas en los diferentes elementos (muros, pilas-tras, pilares de hormigón, vigas, forja-dos, etc.), cuyo número dependerá de la existencia o no de los planos de es-tructura. En el primer caso se procede-ría a una comprobación, mientras que en el segundo a un levantamiento, siendo lógicamente en este último mu-cho más exhaustivo el muestreo.

Establecimiento de un programa de en-sayos destructivos (testigos, toma de muestras de acero, fábricas de ladrillo, mampostería, extracción de elementos tales como viguetas de hormigón, ma-dera, etc.), y no destructivos (END) de información como es la prospección mediante «pachómetro» y auscultación por ondas ultrasónicas en el caso de hormigón, colocación de placas senso-ras en muros de carga y realización de pruebas de carga en forjados.

2. PROPIEDADES DE LOS MATERIALES: compren-de la asignación de resistencias según

los resultados de los ensayos obteni-dos y pruebas realizadas, en los que se combinan los métodos destructivos y de información. Se representan median-te valores característicos que correspon-den al valor de la propiedad (resisten-cia, densidad, humedad, etc.) que tiene una determinada probabilidad de no ser sobrepasado (grado de confianza del 95 %).

3. ANÁLISIS DE LA CIMENTACIÓN Y ESTRUCTURA: Para el análisis de la cimentación y la es-tructura lo primero y esencial es adoptar las acciones a las que realmente va a estar sometida la estructura, siguiendo para ello la normativa (AE-88, Acciones en la edificación) que por el habitual cam-bio de uso de oficinas, edificios comer-ciales, etc. a viviendas hacen que este-mos a priori del lado de la seguridad, ya que en la actualidad existe la posibilidad de emplear materiales poco pesados (pladur, parquet, etc.) y adoptar acciones gravitatorias más ajustadas como las que indica, por ejemplo, la norma de la Generalitat de Cataluña: NRE-AEOR-93 sobre acciones en las obras de rehabili-tación estructural.

A nivel de cimentación, un tema impor-tante a tener en cuenta es que al tratar-se de edificaciones antiguas, en las que generalmente el terreno se encuentra muy consolidado, lo razonable es supo-ner que se han producido la totalidad de los asentamientos. Bajo tal premisa, conocidas las cargas transmitidas por la cimenta-ción, se deberá evaluar el factor de segu-ridad respecto a la carga de hundimiento del terreno, estableciendo así una ten-sión admisible. Por lo tanto el estudio

La necesidad de un estudio de solidez en obras de rehabilitación

geotécnico deberá enfocarse desde éste punto de vista y no como si se tratase de una obra nueva en la que se recomiendan diferentes tipologías de cimentación. Posteriormente se evaluará la cimentación en función de que las cargas que se transmiten superen o no la tensión admisible y de que la cimentación existente sea de hormigón armado o en masa (utilizándose métodos preconizados por el MODEL CODE).

Respecto a la verificación de la estructura se deben contrastar los cálculos de la época en que se empleaban cálculos en 1.º orden según el método clásico de las tensiones admisibles, con los métodos actuales en rotura (cálculo mecánico en 2.º orden de los materiales) como son los utilizados por ejemplo por la actual EHE mediante la distribución de la conocida «parábola-rectángulo», teniendo en cuenta tanto los E.L.U (Estado Límite Último) como los E.L.S (Estado Límite de Servicio).

Finalmente se reflejan las conclusiones obtenidas de los análisis efectuados y si se derivan en su caso intervenciones subsiguientes. En definitiva se emite una *opinión sobre la compatibilidad de la obra nueva con la preexistente.*

4. PROPUESTAS DE INTERVENCIÓN: tratamientos requeridos como consecuencia de los procesos patológicos detectados y establecimiento de un programa de reparaciones de los elementos estructurales que presenten lesiones (aplicación de morteros de reparación, puentes de unión, pasivación, etc.) y principalmente la justificación de los refuerzos requeridos en la

estructura (platabandas metálicas, fibra de carbono, empresillados, sustitución, etc.) como intervención principal para adaptar ésta a los coeficientes de seguridad que plantea la actual normativa. En el caso de que fuera necesario el refuerzo de la cimentación se pueden plantear diferentes soluciones (micropilotes, ensanchamiento de zapatas, recalces, losas unidas a la cimentación existente, etc.)

CONCLUSIONES

La experiencia de que dispone Bureau Veritas en trabajos de esta índole, viene a demostrar que una campaña de prospección adaptada al edificio existente, organizando la toma de muestras y los ensayos requeridos, no supone un coste superior al que representa un programa redactado para un edificio de nueva planta. Más allá, su omisión puede conllevar un desembolso extra al promotor durante la construcción, precisamente por falta de información suficiente a la hora de redactar el proyecto.

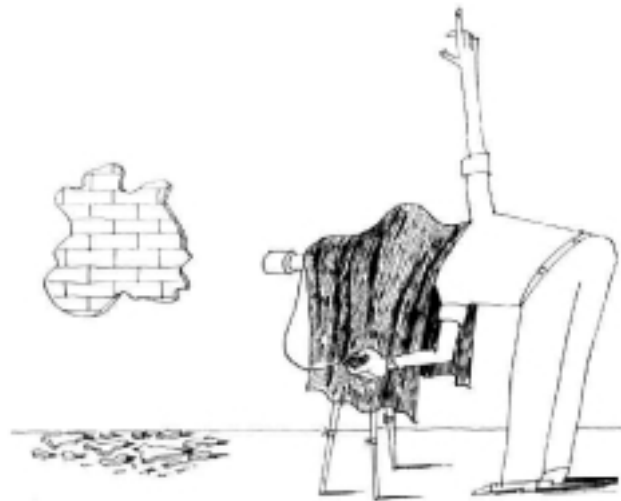
En la actual situación en la que no existe una clara vinculación de este tipo de obras con las garantías a asegurar que se establecen en el artículo 19 de la LOE, como es la rehabilitación de un edificio de viviendas anterior a la publicación de la ley pero que sufre una ampliación (remonta), la reforma de un edificio con cambio de uso a viviendas o simplemente la exigencia ante la duda por parte del registrador, son motivos más que suficientes que justifican la necesidad de la redacción de una «memoria del preexistente», informe de «patología» o de una manera más global «Estudio de Solidez» como lo ha dado en llamar este organismo.

7 Miscel·lània

“ **Originalitat és tornar a l'origen.**

Originalidad es volver al origen. ”

Antoni Gaudí



“ **El coeficient de seguretat ha de ser major quan s'aplica en càlculs nimis i ràpids, on les divergències amb la realitat poden ser grans.**

El coeficiente de seguridad tiene que ser mayor cuando se aplica en cálculos nimios y rápidos, donde las divergencias con la realidad pueden ser grandes. ”

Eduardo Torroja

L'acte de final d'any de l'Associació fou una conferència a càrrec d'Antoni Torrent i Marquès, actualment soci d'honor de l'ACE, sota el títol «Antoni Torrent, una vida dedicada al càlcul d'estructures 1960-2004». Tot seguit celebrarem el tradicional sopar de Nadal.

El acto de fin de año de nuestra Asociación fue una conferencia a cargo de Antoni Torrent Marquès, actualmente socio de honor de la ACE, bajo el título «Antoni Torrent, una vida dedicada al cálculo de estructuras 1960-2004». Acto seguido celebramos la tradicional cena de Navidad.



8 Llista de membres de l'Associació

Abril 2005

SOCIS D'HONOR

1. **Rafael Casals i Bohigas**
Betlem 42
08012 BARCELONA
2. **Florentino Regalado Tesoro**
Avda. Eusebio Sempere 5
03003 ALICANTE
3. **José Antonio Torroja Cavanillas**
Príncipe de Vergara 103, 10 D
28006 MADRID
4. **José Calavera Ruiz**
Mario Rosso de Luna 29
Zona Industrial
Fin de Semana
Edificio BRACAMONTE
(Edif. 12)
28040 MADRID
email: jcalavera@intemac.es
5. **Ramón Argüelles Álvarez**
ETS Ingenieros de Montes
Ciudad Universitaria s/n
28040 MADRID
email: rargüelles@montes.upm.es
6. **Francesc Bassó i Birulés**
Balmes 415, 9é. C
08022 BARCELONA
email: ciricibasso@coac.net
7. **Antoni Torrent i Marquès**
Avda. Montevideo 65, 3r. 4a.
08340 VILASSAR DE MAR

SOCIS CONVIDATS

- C1. **Antoni Marí i Bernat**
Jordi Girona 1-3, edifici C1,
despatx 201 C
Campus Nord UPC
08034 BARCELONA
email: antonio.mari@upc.es

SOCIS PROTECTORS

- 1P. **CONSTRUCCIONES, APLICACIONES Y REFUERZOS, S. A. (CARSA)**
1P.1 Fernando Gordún Burillo
De lo Gaiter del Llobregat 125-127
Pl. Can Estruch
08820 El Prat del Llobregat
email: carsa@carsa-carfoam.com
- 2P. **PREFABRICATS DE CATALUNYA, S. A.**
2P.1 Agustí Ferrés Altimiras
Els Plans,
antiga ctra. de la Puda s/núm.
08640 OLESA DE MONTSERRAT
email: Prefcat@infodisc.es
www.prefcat.com
- 3P. **ALTERNATIVAS TECNICAS DE LOS FORJADOS, S. L. (ATEFOR)**
3P.1 José M. Serrano Sevilla
Indústria 9-11
Pl. Conde de Sert
08755 CASTELLBISBAL
email: atefor@abast.es
- 4P. **SGS TECNOS, S. A.**
4P.1 Albert Suero Marqués
Rera Palau 11, 6è.
08003 BARCELONA
email: albert_suero@sgsgroup.com
www.sgs.es
- 5P. **BUREAU VERITAS ESPAÑOL, S. A.**
5P.1 Kenneth Vera Ruiz
Via Augusta 117
08006 BARCELONA
email: kenneth.vera@es.bureauveritas.com
www.bureauveritas.es
- 6P. **MECÁNICA DEL SUELO LOSAN, S. A.**
6P.1 Juan Manuel Muñoz Jurado
Ciència 41
08850 GAVÀ
email: losan.sa@terra.es

- 7P. **SISTEMAS DE CIMENTACIÓN, S. A.**
7P.1 Manuel Bertran Mariné
Via Augusta 13-15
08006 BARCELONA
email: sc@sistemasdecimentacion.es
www.sistemasdecimentacion.es
- 8P. **ASISTENCIA TÉCNICA INDUSTRIAL, S. A.**
8P.1 David Vergés Coll
Ronda Can Fatjó 13
08290 Cerdanyola del Vallès
email: oct-barcelona@atisae.com
www.atisae.com
- 9P. **INTEMAC**
9P.1 Francisco Hostalet Alba
Antón Fortuny 14-16, 4t. 2a.
08950 ESPLUGUES
email: a2bo@intemac.es
www.intemac.es
- 10P. **ECA OCT, S.A.U.**
10P.1 Juan Carlos González Albalade
Quatre Camins 9-15
08022 BARCELONA
email: catalunya@ecaoct.com
www.ecaoct.com
- 11P. **BETEC CATALANA, S.A.**
11P.1 Manel Soler Padró
Santander 42-48, nau 39
08020 BARCELONA
email: betecatalana@betec.es
www.betec.es
- 12P. **INTEINCO**
12P.1 Cándido Ovejero Sánchez
Roselló 372
08025 BARCELONA
email: barcelona@inteinco.es
www.inteinco.es
- 13P. **ESTRUCTURAS Y PROYECTOS METÁLICOS, S.L.**
13P.1 Joaquín Piferrer Cubarsi
Avda. Marquès Comillas s/núm.
Recinte Poble Espanyol, bústia 91
email: epm2002@eresmas.com



Lista de membres de l'Associació

Listado de miembros de la Asociación

- 14P. ENCOFRADOS J. ALSINA, S.A.**
 14P.1 Jaume Alsina Oliva
 14P.2. Jacint Bassols Servitje
 Camí de la Font Freda 1
 Polígon Industrial d'en Coll
 08110 MONTCADA I REIXAC
 email: alsina@alsina.es
 www.alsina.es
- 15P. MEDITERRÀNIA DE GEOSERVEIS, S.L.**
 15P.1 Joan Recasens Bertran
 Passeig La Salle 9, 1r. 1a.
 43850 CAMBRILS
 email: joan@geomediterrania.com
- 16P. TALLERES MANUTENCIÓ, S.A.**
 16P.1 Armando Lalmolda de la Hija
 P.I. «Camí Ral»
 Passeig Ferrocarril 383
 08850 GAVÀ
 email: tamansa@tamansa.com
 www.tamansa.com
- 17P. CENTRO CATALÁN DE GEOTECNIA, S.L.**
 17P.1 Teodoro González López
 Bertran 39, baixos 1a.
 08023 BARCELONA
 email: administracion@geotecnia.biz
- 18P. GESOND, S.A.**
 18P.1 Joaquin Masana Bergnes de las Casas
 Doctor Roux 77, 6è
 08017 BARCELONA
 email: gesond@telefonica.net
- 19P. GEOTÈCNIA GEÒLEGS CONSULTORS, S.L.**
 19P.1 Carles Salvador Sales
 Avda. Diagonal 376-378, 1r D
 08037 BARCELONA
 email: geotecnia@eurovia.es
- 21P. EMMSA (ESPAÑOLA DE MONTAJES METÁLICOS)**
 21P.1 Fco. Javier Piñol Burgues
 Torres i Amat 7-11
 08001 BARCELONA
 email: fpinyol@emmsa.es
 www.emmsa.es
- 22P. IFC CIMENTACIONES ESPECIALES, S.A.**
 22P.1 Juan José Rosas Alaguero
 Joaquim Molins 5-7, 6è. 4a.
 08028 BARCELONA
 email: ifc-bcn@ifc-es.com
- 23P. CELSA**
 23P.1 Honorino Ortega Valencia
 Camino de las Canteras s/n
 45200 ILLESCAS (TOLEDO)
 email: hortega@gcelsa.com
 www.celsa.com
- 24P. SECOTEC S.A.**
 24P.1 Josep Pugibet Martí
 Avda. Diagonal 433, bis 5a.
 08036 BARCELONA
 email: jpugibet@secotec.es
 www.secotec.es
- 25P. IBERCAL**
 25P.1 Juan José Timoteo Arenas
 Avda. Gran Via 8-10, 3r, 5a
 08902 HOSPITALET DE LLOBREGAT
 email: juanjose.timoteo@ibercal.com
 www.ibercal.com
- 26P. APPLUS CONSTRUCCIÓN TECNICA, S.A.**
 26P.1 Daniel Lasalle Borrás
 26P.2 Josep Maria Felguera Garrido
 Praga 16-18. Pl. Cova Solera
 08191 RUBÍ
 email: dlasalle@tecinc.com
 jmfelguera@tecinc.com
- 27P. KNAUF MIRET SL**
 27P.1 Daniel Miret Bausili
 Calafell 1
 08720 VILAFRANCA DEL PENEDÉS
- 28P. STAE - CYPE INGENIEROS**
 28P.1 Bernabé Farré i Oró
 Almogàvers 66, 2n A
 08018 BARCELONA
 email: bernabe.farre@cype.com
 www.cype.com
- 29P. SIKA**
 29P.1 Francisco Garrido Pérez
 29P.2 Eva Cunill Biscos
 Travessia Industrial 13
 08907 HOSPITALET DE LLOBREGAT
 email: garrido.francisco@es.sika.com
 cunill.eva@es.sika.com
 www.sika.es
- 30P. CTT. STRONGHOLD, S.A.**
 30P.1 Vicente Jarque Clavería
 30P.2 Juan Lina
 30P.3 Pedro Ossó Rebull
 Casanova 2-4, 3r
 08011 Barcelona
 email: vjarque@vslsp.com
 jlina@vslsp.com
 posso@vslsp.com
 www.vsl-intl.com
- 31P. HORMIPRESA**
 31P.1 Rafael Fuertes Arias
 Carretera d'Igualada s/n
 43420 Santa Coloma de Queralt
 email: mmas@hormipresa.com
 www.hormipresa.com
- 32P. DEGUSSA CONSTRUCTION CHEMICALS ESPAÑA SA**
 32P.1 Pedro Solera Gorriç
 Basters 13-15
 08184 PALAU DE PLEGAMANS
 email: pedro.solera@degussa.com
- 33P. ASSOCIACIÓ PER LA CONSTRUCCIÓ D'ESTRUCTURES METÁL-LIQUES (ASCSEM)**
 33P.1 Joan Delriu Real
 33P.2 Joan Buj Cotes
 33P.3 Ricardo Sancho
 33P.4 Miquel Àngel López Colillas
 Plaça de la Unió 1,
 edifici B, 1r, 2a
 08190 SANT CUGAT DEL VALLÈS
 email: info@ascsem.org
 www.ascsem.org

Llista de membres de l'Associació
Listado de miembros de la Asociación

**SOCIS NUMERARIS
PROFESSIONALS**

- 11. BRUFÀU, OBIOL, MOYA I ASSOCIATS, S.L.**
11.1 Robert Brufau i Niubó
11.2 Agustí Obiol i Sánchez
11.3 Lluís Moya i Ferrer
11.4 Miguel Àngel Sala i Mateus
11.5 Antoni Orti i Molons
11.6 Joan Francesc Garcia Beltran
11.7 Ignacio Costales Calvo
11.8 Alicia Huguet González
11.9 Carles Jaén González
11.10 Anabel Lázaro Yus
11.11 Fernando Llaberia Martínez
11.12 Diego Martín Sáiz
11.13 Josep Ramon Solé Llarzo
Hercegovina 25, local 4
08006 BARCELONA
email: boma@bomasl.com
- 12. INGESVA, S.L.**
Jose Luis Vázquez i Baanante
Taquígraf Serra 10, 3r. 2a.
08029 BARCELONA
email: ingesva@telefonica.net
- 13. INDUS CÀLCULO, S.A.**
13.1 Jordi Pedrerol Jardí
13.2 Maite Ramos Martínez
13.3 Manuel Garcia Cabrera
Via Augusta 4, àtic
08006 BARCELONA
email: jpedrerol@indus-eng.com
www.indus-eng.com
- 14. PBX CENTRE DE CÀLCUL, S.L.**
14.1 Enric Xercavins i Valls
Indústria 9
Polígon Industrial Compte de Sert
08755 CASTELLBISBAL
email: pbx@eic.ictnet.es
- 15. INGENIERÍA Y ARQUITECTURA EUROPEA, S.A.**
15.1 Gerardo Vidal i Pueyo
15.2 Antoni Tahull Palacín
15.3 Eckart Matthias Gennrich
Independència 240, baixos
08026 BARCELONA
email: iaesa@eic.ictnet.es
- 16. ÀREA 5**
16.1 Antoni Massagué i Oliart
16.2 Jordi Guasch i Asmarats
16.3 Jordi Parés Massagué
16.4 Jordi Velasco Saboya
Plaça del Sol 3-4, principal 1a.
08012 BARCELONA
email: info@area-5.com
www.area-5.com
- 17. José Luis Pedraza i Llanos**
Camí de Can Gatxet 47, 1r. 2a.
08190 SANT CUGAT DEL VALLÈS
email: efarre@apabcn.ictnet.es
- 18. Jesús Pérez i Lluich**
Gran Via 339, 1r.
08014 BARCELONA
- 20. STATIC INGENIERÍA, S.A.**
20.1 Gerardo Rodríguez i González
20.2 Miguel Rodríguez Niefenführ
Passeig d'amunt 18, entresòl 1a.
08024 BARCELONA
email: static@static-ing.com
www.static-ing.com
- 21. CABEZAS & GÓNGORA, S.L.**
21.1 Francisco Cabezas i Cabello
San Fructuós 80, baixos
08004 BARCELONA
email: cyg@factoryweb.net
- 22. PAMIAS SERVICIOS DE INGENIERÍA S.A.**
22.1 Enric Berga i Sastre
Montnegre 14-16
08029 BARCELONA
email: eberga@pamias.com
www.pamias.com
- 23. Joan Ramon Blasco i Casanovas**
Passeig del Born 17, 2n. 5a.
08003 BARCELONA
email: estudiborn@coac.net
- 24. CONSULTORS D'ESTRUCTURES DEL MARESME**
Antic despatx d'Antoni Torrent
24.1 Laureà Miró Bretos
24.2 Emma Leach Cosp
24.3 Carmen Bernal Domínguez
Avda. Montevideo 65, 3r. 4a.
08340 VILASSAR DE MAR
email: cem@calcullem.com
www.calcullem.com
- 25. Juan José Ibáñez i Acedo**
Avda. Torreblanca 2-8, 2n. C
08190 SANT CUGAT DEL VALLÈS
email: jji@arrakis.es
www.jji-ingenieria.com
- 27. Llorenç García i Geira**
Passeig del Canal 25, 3r. 1a.
08970 SANT JOAN DESPÍ
email: ll.garcia@coac.net
- 28. ABAC, S.L.**
Rafael Guerrero i Ribas
Avda. Carlemany 56, 1r. C
ESCALDES - ENGORDANY
PRINCIPAT D'ANDORRA
email: abac@andorra.ad
- 29. Vicenç Moya i Torredadell**
Dos de Maig 286, 6è. G
08025 BARCELONA
email: vimoto@comasmoya.com
- 30. Pere Sobré i Massagué**
Horta Novella 41, baixos
08201 SABADELL
email: p.sobre@telefonica.net
- 31. TDA TÈCNICA**
31.1 Enric Torrent i Figuerola
Còrsega 361, sobreàtic
08037 BARCELONA
email: bcn@nb35.es
- 32. MASERCON 2001, S.L.**
32.1 Alfredo Municio Àngel
Descobridor Colom 17
08191 RUBÍ
email: masercon2001@telefonica.net
- 33. GENESCÀ MOLIST, SL.**
33.1 Josep M. Genescà i Ramon
Numància 63, entresòl
08029 BARCELONA
email: amparo@coac.net
- 35. BLÁZQUEZ-GUANTER, ARQUITECTES, SCP**
35.1 Antoni Blázquez i Boya
35.2 Lluís Guanter i Feixas
Sant Josep 3
17004 GIRONA
email: blater@retemail.es
www.bg-arquitectes.com



Llista de membres de l'Associació

Listado de miembros de la Asociación

- 37. Jaume Pastor i Sánchez**
Déu i Mata 152, entresòl 3a
08029 BARCELONA
email: jpastor@arquired.es
- 38. Jordi Padró i Quintana**
Passeig Comte d'Egara 10
08221 TERRASSA
email: caire@ctv.es
- 39. R.M.**
CÀLCULO DE ESTRUCTURAS
39.1 Josep M. Ramos i Mezquita
Suïssa 13
08023 BARCELONA
email: rm-calculo@coac.net
- 40. Eduard Hernando i Talo**
Còrsega 272, 5è. 2a.
08008 BARCELONA
email: hernando1@infonegocio.com
- 41. PREFABRICATS PUJOL, S.A.**
41.1 Silvestre Petanàs i Vilella
41.2 Antoni Sarradell i Pàmies
41.3 José Luis Gonzàlez i Guerrero
Ctra. Miralcamp s/núm.
25230 MOLLERUSSA
email: asepsa@teleline.es
- 42. GOBI CONSULTORS D'ESTRUCTURES, S.L.**
42.1 Joan Ramon Goitia i Blanco
Passatge Raval 7, baixos
08960 SANT JUST DESVERN
email: goitia@apabcn.ictnet.es
- 44. TRANSMETAL, S.A.**
44.1 Lucindo Lázaro i Rico
P.I. «Les Argelagues»
08185 LLIÇÀ DE VALL
email: transmetal@transmetalsa.com
www.transmetalsa.com
- 45. ESTRUCTURAS NAVÀS S.A.**
45.1 Josep Lluís Sánchez i Sánchez
Sant Gabriel 18-20, baixos
08950 ESPLUGUES DEL LLOBREGAT
email: tecnica@grupo-navas.com
www.grupo-navas.com
- 46. PEDELTA, S.L.**
46.1 Juan A. Sobrino Almunia
Comte d'Urgell 288, pral. C 1 dreta
08036 BARCELONA
email: pedelta@pedelta.es
www.pedelta.es
- 47. VALERI CONSULTORS ASSOCIATS**
47.1 Josep Maria Valeri i Ferret
47.2 Mercè Ramos i Ortiz
47.3 Fructuós Mañà i Reixach
47.4 Frederic Casals i Domingo
47.5 Ramon Costa i Farràs
Bailèn 7, 2n. 2a.
08010 BARCELONA
email: valericonsult@terra.es
valeriang@terra.es
www.valericonsultors.net
- 48. A. G. ARQUITECTES CONSULTORS SCP**
48.1 Ferran Anguita de Caralt
48.2 José Luis Galindo Rubio
Concili de Trento 36-40, baixos
08018 BARCELONA
email: f.anguita@coac.es
- 49. MASANÉS I ROCAÑÍN**
49.1 Josep M. Masanés i Meseguer
49.2 Jesús Rocañín i Serrano
Muntaner 95, 2n. 2a.
08036 BARCELONA
email: jmmm@coac.net
- 51. TECTUM ENGINEERING, S.L.**
51.1 Xavier Mateu i Palau
Doctor Ullés 2, 2n. 1a.
08224 TERRASSA
email: tectum@coac.net
http://arquitectes.coac.net/tectum/
- 52. Josep Baquer i Sistach**
Domènech 6, 3r. 6a.
08172 SANT CUGAT DEL VALLÈS
email: jbaquer@apabcn.com
- 53. GWAMBA DISEÑO, S.L.**
53.1 Raül Núñez i Lacarra
Avet 6
08186 LLIÇÀ D'AMUNT
email: estructures@gwamba.com
- 55. MANUEL ARGUIJO Y ASOCIADOS, S.L.**
55.1 Manuel Arguijo Vila
Llull 51, 4t. 4a.
08005 BARCELONA
email: arguijo@coac.es
- 56. GMK ASSOCIATS, S.L.**
56.1 Miquel Llorens i Sulivera
Joan Alsina 5, entresòl
17003 GIRONA
email: gmk@gmkgrup.com
- 58. FALGUERA I ASSOCIATS**
58.1 Xavier Falguera Valverde
Carrer dels Arcs 8, 2n. 1a.
08002 BARCELONA
email: xavier.falguera@aaupc.upcnet.es
- 59. Martí Cabestany i Puértolas**
Passeig Joan de Borbó 27, 3r
08003 BARCELONA
email: martins@arquired.es
- 60. Jordi Oliveras i Reder**
Aribau 15, 5è. despatx 11
08011 BARCELONA
email: j.oliveras@coac.es
- 61. Eduard Doce Goicoechea**
Avda. La Miranda 28
08950 ESPLUGUES DE LLOBREGAT
email: eduard.doce@coac.net
- 62. Jaume Vizcarro i Pedrol**
Avda. Mistral 8, escala C, despatx 5
08015 BARCELONA
email: jaumevizcarro@menta.net
- 63. BIS ARQUITECTES**
63.1 David Garcia i Carrera
63.2 Marta Villuendas Casals
63.3 Esther Muñoz Gavilán
63.4 Marta Farrús Cassany
63.5 David Pardo i Estadella
63.6 Marina Vilà Pau
Enric Granados 135, 5è. 1a.
08008 BARCELONA
email: davidg@bisarquitectes.com
www.bisarquitectes.com

Llista de membres de l'Associació
Listado de miembros de la Asociación

- | | | |
|--|---|--|
| <p>64. LAND PLANIFICACIÓ I PROJECTES
64.1 Miquel Capdevila I Bassols
Pare Roca 4
17800 OLOT
email: land@coac.net</p> <p>66. Oriol Marron i Puigdueta
Viladomat 140 bis, 4t. 5a.
08015 BARCELONA
email: marron@arquired.es</p> <p>67. RIUS, PLANES, ÀLVAREZ
ARQUITECTES
67.1 Manel Rius Borrell
67.2 Emma Planas Ferrer
Diputació 27-33, sobreàtic 2a.
08015 BARCELONA
email: rpa.arq@coac.es</p> <p>68. ATEH
68.1. Enric Heredia Campmany-Gaudet
Ptge. Mercè Rodoreda 14-16,
local 11
08860 CASTELLDEFELS
email: ehc@ateh.net
www.ateh.net</p> <p>69. Eduard Palao Aguilar
Còrsega 396, 6è. 1a.
08037 BARCELONA
email: e.palao@coac.net</p> <p>70. FORBACSA
70.1 Ferran Teixidó Martínez
70.2 Ramon Caralt Delcor
Balmes 23, 4t.
25006 LLEIDA
email: forbacsa@forbacsa.com
www.forbacsa.com</p> <p>71. MANUFACTURAS METÁLICAS
CATALANAS
71.1 Edith Zalanyi Monori
Avda. Meridiana 308, entresòl G51
08027 BARCELONA
email: guiter@grupoguiter.com</p> <p>72. JOSEP PALAU I GRAU
72.1 Josep Palau i Grau
Carrer del Jardí 11-D
08202 SABADELL
email: josep_palau@coac.net</p> | <p>73. Rafael Bellmunt i Ribas
Comte Borrell 215, 7è. 4a.
08029 BARCELONA
email: r.bellmunt@coac.net</p> <p>74. COLLEGI D'ARQUITECTES
(Oficina Consultora Tècnica)
74.1 Josep Nadal i Soles
74.2 Maite Bartroli Solé
74.3 Joan Carles Capilla i Ten
Arcs 1-3
08002 BARCELONA
e-mail: octbcn@coac.net</p> <p>75. KUBIC CONSULTORÍA
TÉCNICA, S.L.
75.1 Miquel Flequé i Melé
Avda. Balmes 21,1r.
25006 LLEIDA
email: kubic@kubic3.com</p> <p>76. Jorge Blasco Miguel
Avda. Madrid 103-105, entresòl 2a.
08028 BARCELONA
email: jorge.blasco@coac.es</p> <p>77. BASE DOS ESTRUCTURES
A L'ARQUITECTURA, S. L.
77.1 Guillem González Segura
Navas de Tolosa 270, 6è 3a
08027 BARCELONA
email: gui-ter@coac.net</p> <p>78. A DE ARQUITECTURA
78.1 M. José Martínez Vílchez
Casp 118-120, 1r. 4a.
08013 BARCELONA
email: adearquitectura@terra.es</p> <p>79. ETECC
79.1 Amadeu Planagumà Pujol
Pg. Barcelona 1, entresòl 2a
17800 OLOT
email: eteccsl@eteccl.com
www.eteccl.com</p> <p>80. ARQUITECTURA ESTRUCTURAL
80.1 Laura Valverde Aragón
Avinyó 6, 1r. 2a.
08037 BARCELONA
email: lvalverde@coac.es</p> | <p>81. ESTUDIOS Y SOLUCIONES
EN LA INGENIERÍA, S.L.
81.1 José Falcón López
Ronda Europa 60, 5è. 4a.
Edifici Eurocentre
08800 VILANOVA I LA GELTRÚ
email: esin@cetib.ictnet.es</p> <p>82. ENGIPROJECT, S.L.
82.1 David Rodríguez Santás
Almogàvers 66, 1r. B
08018 BARCELONA
email: drs@eic.ictnet.es
www.engiproject.com</p> <p>83. PL2 INGENYERIA D'ESTRUCTURES
I FONAMENTACIONS, S.L.
83.1 Bernabé Farré i Oró
83.2 Anna Peix Manrique
83.3 Cesc Aldabó i Fernández
Almogàvers 66, 2n.
08018 BARCELONA
email: enginyeria@pl2.es
www.pl2.es</p> <p>84. 9 ARS ARQUITECTES SL
84.1 Montse Álvarez Vidal
Avda. Diagonal 491, principal 2a.
08029 BARCELONA
email: mav9@coac.net</p> <p>85. GREHI,
ENGINYERIA ESTRUCTURES
EDIFICACIÓ, S.L.
85.1 Jordi Josep Torrelles Rico
Roger de Llúria 93, 5è. 2a.
08009 BARCELONA
email: jtr@grehi.com
www.grehi.com</p> <p>86. RGA ARQUITECTES, S.A.
86.1 Josep Sotorres Escartín
Muntaner 320, 1r. 1a.
08021 BARCELONA
email: rga@rga.es
www.rga.es</p> <p>87. Angel C. Aparicio Bengoechea
Lamote de Grignon 9
08034 BARCELONA
email: angel.carlos.aparicio@upc.es</p> |
|--|---|--|



Llista de membres de l'Associació

Listado de miembros de la Asociación

88. Isaac Avellaneda Soriano
Rbla. d'Egara 235, 5è C
08224 TERRASSA
email: iavellaneda@totarquitectura.com

89. BUXADÉ, MARGARIT, FERRANDO, S.L.
89.1 Joan Margarit Consarnau
89.2 Carles Buxadé i Ribot
Major, 26
08960 SANT JUST DESVERN
email: 2bmf@coac.net

90. Carles Gelpí Arroyo
Avda. Tibidabo 12, 1r.
08022 BARCELONA
email: carles_gelpi@coac.net

91. INSTITUT TECNOLÒGIC DE LLEIDA (ITL)
91.1 Josep Maria Cots Call
Parc de Garceny, edifici 29, porta B, 1r.
25003 LLEIDA
email: itl@itl-direct.com
www.itl-direct.com

SOCIS ADHERITS

AD1. Jaume Avellaneda Díaz-Grande
Pere Serra 1-15
08190 SANT CUGAT DEL VALLÈS
email: avellaneda@ca1.upc.es

AD2. Narcís Majó i Clavell
Sant Agustí 40
08301 MATARÓ
email: narcis@noubau.com

AD3. BIOSCA Y BOTEY, S.A.
Xavier Ferrés Padró
Muntaner 235, 3r. 1a.
08021 BARCELONA
email: xf@bioscabotey.com
www.bioscabotey.com

AD4. Ramon Sastre i Sastre
ETS ARQUITECTURA DEL VALLÈS
Pere Serra 1-15
08190 SANT CUGAT DEL VALLÈS
email: ramon.sastre@upc.es

AD5. Antoni Paricio i Casademunt
VALERI CONSULTORS ASSOCIATS
Bailèn 7, 2n. 2a.
08010 BARCELONA
email: valericonsult@terra.es
www.valericonsultors.net

AD6. Carlos Fernández Tadeo
CARLOS FERNÁNDEZ TADEO
8 ASOCIADOS, S.L.
Rosselló 340, entresòl 5a.
08025 BARCELONA
email: carlos@fernandeztadeo.com

SOCIS ASPIRANTS PROFESSIONALS

A1. Raúl Lechuga Durán
Avda. Buenavista 30, local 1-2
20016 SAN SEBASTIÁN
email: rld@rldconsultoria.com

A2. Ignacio Sánchez Miguel
TUTOR: ANTONI MASSAGUÉ OLIART
Plaça del Sol 3-4, pral.
08012 BARCELONA
email: info@area-5.com

A4. Luis Cortés Mínguez
TUTOR: DAVID RODRÍGUEZ SANTÁS
Almogàvers 66, 1r. B
08018 BARCELONA
email: lcortes@engproject.com
www.engproject.com

A5. Sílvia Hernández Antón
Hercegovina 25, local 4
08006 BARCELONA
email: silvia.hernandez@bomasl.com

A6. Paulino Vicente Rodríguez
Hercegovina 25, local 4
08006 BARCELONA
email: paulino.vicente@bomasl.com

A7. Guillem Baraut
Hercegovina 25, local 4
08006 BARCELONA
email: guillem.baraut@bomasl.com

A8. Clara Bretón Brat
Hercegovina 25, local 4
08006 BARCELONA
email: clara.breton@salaconsultors.com

A9. Jordi Fillet Carrera
Hercegovina 25, local 4
08006 BARCELONA
email: jordi.fillet@salaconsultors.com

A10. Xavier Aguiló Aran
Hercegovina 25, local 4
08006 BARCELONA
email: xavier.aguiló@bomasl.com

Si desitgen el telèfon d'alguns dels nostres associats, poden demanar-lo a secretaria.

Si desean el teléfono de alguno de nuestros asociados, pueden pedirlo en secretaría.

PILOTS EN PETITS ESPAIS



PER QUÈ 2PE?

- Cost molt competitiu en obres de petita dimensió.
- Assessoria relacionada amb la geotècnia en general.
- Capacitat de treball en condicions molt estrictes d'espai tant en alçada com en planta.
 - Pilots de diàmetres fins a 80cm i profunditats superiors als 20m
 - Alçades de treball en el punt de perforació de 5,00m
 - Maquinària insonoritzada, mínim impacte acústic.
- Erugues de goma per afectar mínimament paviments i elements existents.
- Pes de l'equip muntat de 12Tn, manejable amb grues tradicionals.





Mur pantalla
a l'Edifici *Winterthur*
(L'Illa Diagonal)



Pilots amb barrina contínua
de longitud superior a 30 metres al *Centre Comercial "La Maquinista"* a Barcelona



Pilots entubats
per suport de plataforma
portuària a "*Marina Expo*"
Lisboa



Ancoratges sota el nivell freàtic
per a l'estabilització de mur pantalla
al *Gran Teatre del Liceu* a Barcelona

Fonamentacions Especials

- Murs pantalla
- Ancoratges al terreny
- Micropilots
- Pilots amb barrina contínua (CPI-8)
- Instrumentació i registre continu
- Pilots entubats
- Injeccions
- Millora de terreny
- Jet Grouting