

EJ.12671



la punxa

COL·LEGI OFICIAL D'APARELLADORS I ARQUITECTES TÈCNICS DE GIRONA



monogràfic

**Geologia.
Aplicació a la
construcció**

Obra nova, Reformes, Rehabilitació ?



ORMETAL



*Els tancaments i fusteria d'alumini i PVC
són una solució de resultats immillorables:*

- ✓ Millor aïllament tèrmic i acústic
- ✓ Major durabilitat
- ✓ Menor manteniment



ORMETAL

Tel. 972 476 127

45
anys
Fabricant qualitat

Ctra. N-II, Km. 711 17458 FORNELLS DE LA SELVA (Girona) Tel. 972 476 127 fax. 972 476 251

EJ12671

EJ12671

S U M A



Joana Ferrer

EDITOR:

COL·LEGI D'APARELLADORS
I ARQUITECTES TÈCNICS DE GIRONA
CTRA. SANTA EUGÈNIA, 19
17005 GIRONA. TEL. 972 21 18 54

COORDINADOR:

FRANCESC XAVIER BOSCH I ARAGÓ

CONSELL DE REDACCIÓ:

JOSEP CASTELLANO I COSTA, RAMON CEIDE
I GÓMEZ, JOAN M. GELADA I CASELLAS,
BERNAT MASÓ I CARBÓ, MIQUEL MATAS I
NOGUERA, JOAN Ma. PAU I NEGRE,
RAMON RIPOLL I MASFERRER,
NARCÍS SUREDA DAUNIS, FRANCESC XIFRA
I GIRONÈS.

COL·LABOREN EN AQUEST NÚMERO:

CARLES ROQUÉ, LLUÍS PALLÍ,
IGNASI CAPELLÀ, ROGELIO LINARES,
DAVID BRUSI, JOSEP M. ARJOMA,
JOAN M. GELADA, AMADEU ESCRIU

CORRECCIÓ:

M. ROSA GALLART / FRANCESC ANTON

PUBLICITAT:

MARISA TEIXIDOR - Tel. 972 22 11 56

DISSENY GRÀFIC:

POZO & VIÑETA

IMPRESSIÓ:

GRÀFIQUES ALZAMORA

FOTOCOMPOSICIÓ:

ROGER - FIGUERES

DOCUMENTACIÓ:

SERVEIS COL·LEGIALS I ADMINISTRATIUS
DEL COAIATG

DIPÒSIT LEGAL: GI-427-1988

NOTA: ELS CRITERIS EXPOSATS EN ELS ARTICLES
FIRMATS SÓN D'EXCLUSIVA RESPONSABILITAT
DELS SEUS AUTORS, I NO REPRESENTEN
NECESSÀRIAMENT L'OPINIÓ DE LA DIRECCIÓ
D'AQUESTA REVISTA.

editorial

3

monogràfic

La litologia de les comarques gironines 6

Carles Roqué, Lluís Pallí, Ignasi Capellà, Rogelio Linares

Els estudis geotècnics per a l'edificació. 20

Aspectes relatius a la informació prèvia i
mètodes de reconeixement del terreny

Ignasi Capellà, Rogelio Linares, Lluís Pallí, Carles Roqué

Les argiles expansibles. Anàlisi d'un problema 32

geotècnic i primeres dades de l'abast del
fenomen a les comarques gironines

Rogelio Linares, Lluís Pallí, Ignasi Capellà, Carles Roqué,
David Brusi

Els esfondraments per carstificació 42

al terme municipal de Besalú

Carles Roqué, Lluís Pallí, Ignasi Capellà, Rogelio Linares,
David Brusi

Estudis geotècnics per a l'edificació. Parts 54

integrants i resultats que proporcionen

Ignasi Capellà, Lluís Pallí

article tècnic

El formigó, una nova visió del material: l'EHE 62

Josep M. Arjoma Borrego

article de patologia

Esquerdes en paviments: 68

Mesures per evitar problemes

Joan M. Gelada Casellas

article d'informació

Evolució de l'edificació a Girona el 1998 72

Amadeu Escriu i Giró

activitats col·legials

Actes diversos

Exposicions

Publicació

Activitats formatives

Informació diversa

la punxa

28

1999



H

em tractat, en aquesta revista, una llarga diversitat de temes, tots ells de gran interès i molt plurals. La majoria, vinculats directament o indirecta amb el món que dóna raó de ser a la nostra professió, i sovint relacionats amb els materials que són necessaris per construir o que conformen el producte final, l'edifici. Un percentatge molt elevat d'aquests materials –quasi tots, podríem dir– tenen origen geològic.

Llevat d'unes matèries primeres d'origen vegetal més o menys manipulades, com la fusta, algunes fibres naturals o el cautxú, gairebé tots els altres elements tenen origen en les entranyes de Gea, la gran mare terra.

Res d'allò de què ara gaudim és nou en el món. Pensem que des d'un vidre laminat, una estructura de formigó, una canonada de PVC, una coberta d'aram, la carcassa d'un ordinador o un microxip –més ben dit, els components d'un microxip– fins a les fibres sintètiques que permeten fabricar una corbata –i poseu-hi per entremig qualsevol dels múltiples productes i elements que us envolten–, tot, absolutament tot, era contingut dins del nostre globus, a les entranyes de Gea.

e d i t o r i a l

La humanitat no ha fet res més que descobrir-ho. Parafrasejant Miquel Àngel, quan deia que el seu David ja era dins del bloc de marbre i que ell s'havia limitat a eliminar-ne tot el sobrant, la humanitat, a través de la raó, ha extret de les entranyes de la terra tot allò que fa que la ciència i la tecnologia d'aquest final de segle hagin arribat a les cotes que coneixem.

Nihil novum sub solem. No hi ha res nou sota el sol.

Bàsica és doncs la geologia, el raonament de i amb Gea, la vella deessa. D'aquest raonament vénen la geofísica, la geodinàmica, la geotècnica i aneu a saber quantes *gees* més.

On recolzen els nostres edificis? Amb quins materials els construïm? D'on traiem l'energia nuclear? D'on la tèrmica?

Tot o quasi absolutament tot té un origen geològic.

No és pretensió d'aquesta publicació encetar un tractat de geologia, però sí que ho és donar una pinzellada de la utilitat que per a l'activitat humana tenen la geologia i el seu coneixement.



monogràfic

Geologia. Aplicació a la construcció

La litologia de les comarques gironines

6

Carles Roqué
Lluís Pallí
Ignasi Capellà
Rogelio Linares

1. Introducció

Les roques presents a les comarques gironines abracen un ventall cronològic, genètic i composicional molt ampli. De manera semblant, les seves estructures tectòniques són diverses i, fins i tot, complexes. Aquest territori és constituït per onze unitats de relleu que, dins un marc descriptiu general, es caracteritzen pel fet de posseir unes característiques geològiques homogènies. Aquestes unitats pertanyen a tres grans entitats geomorfològiques: el Pirineu, que comprèn el Pirineu axial, la depressió de la Cerdanya, el Prepirineu, el Subpirineu, la serralada Transversal, la fossa d'Olot i la plana de l'Empordà; la depressió Central, que al context territorial gironí només és representada per la plana de Vic; i el Sistema Mediterrani, que aglutina la serralada Prelitoral, la depressió Prelitoral i la serralada Litoral (Pallí i Maestro, 1992; Pallí *et al.*, 1995) (fig. 1). En aquest article es descriuen els trets més rellevants de la constitució litològica de cadascuna de les unitats esmentades.

Les estructures tectòniques de les comarques gironines són diverses i, fins i tot, complexes

2. Pirineu

És la serralada muntanyosa que, orientada d'est a oest, s'estén des del Mediterrani fins a l'Atlàntic, i que separa la conca de l'Ebre, al sud, de

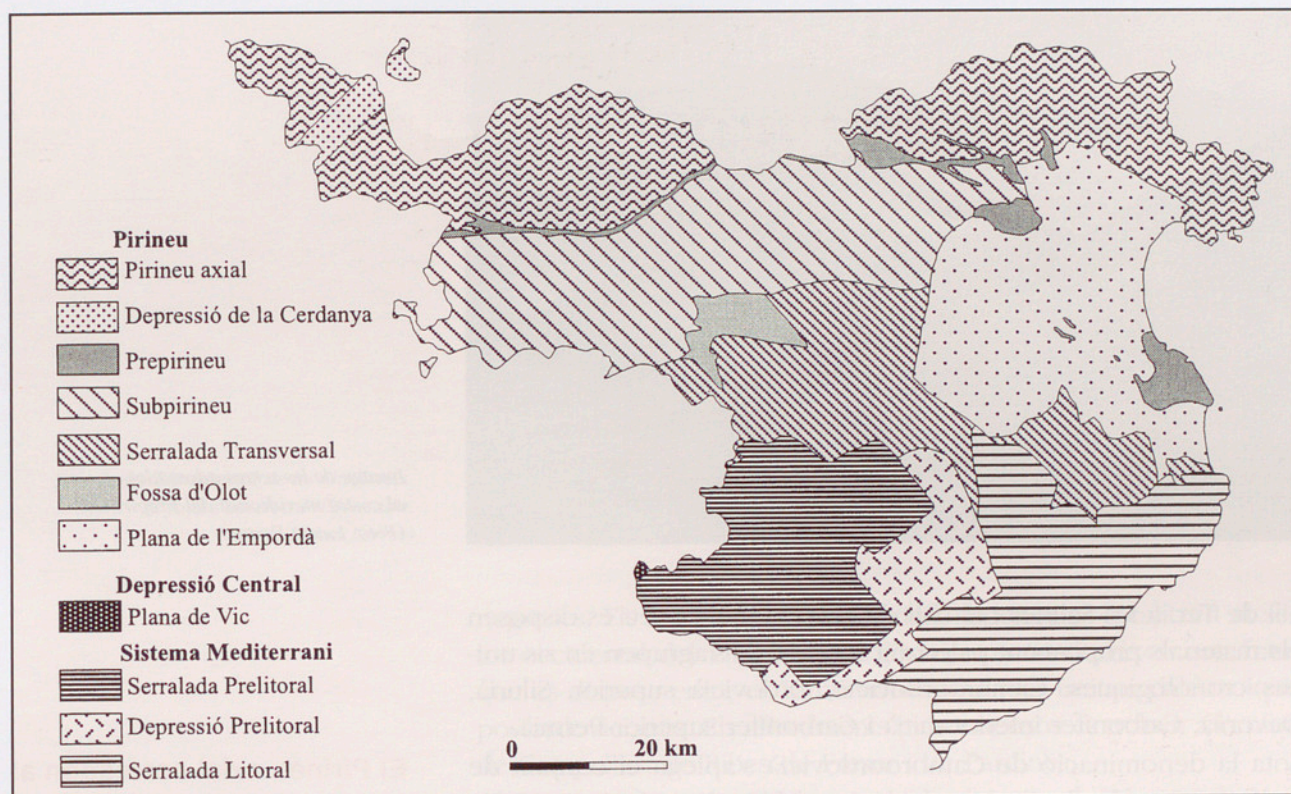


Figura 1.
Unitats de relleu de les comarques gironines, segons Pallí et al., 1995, simplificat.

la conca de la Garona, al nord. Va aixecar-se com a conseqüència de la tectònica compressiva lligada a l'orogènia alpina i, posteriorment, es va compartimentar per la fracturació distensiva esdevinguda a les acaballes d'aquesta mateixa orogènesi. La part més oriental, estrictament gironina, és constituïda per les set unitats de relleu esmentades anteriorment, les quals es diferencien segons les característiques lito-estructurals i l'edat de les roques que hi afloren.

2.1. Pirineu axial

Correspon al nucli central i més enlairat de la serralada, constituït per diferents tipus de roques ígnies, sedimentàries i metamòrfiques afectades en diferent grau per les orogènesis herciniana i alpina. Les més antigues són uns gneis que sovint han estat atribuïts al Precambrià, els quals es localitzen, entre altres indrets, a Núria, a



Vista panoràmica
des d'Ull de Ter.
(Foto: Joana Ferrer)



Imatge de les serres adossades al costat meridional del Prepirineu. (Foto: Joana Ferrer)

El Pirineu axial correspon al nucli central i més enlairat de la serralada Pirinenca

Les roques més antigues del Pirineu axial són uns gneis que sovint han estat atribuïts al Precambrià

Ull de Ter, a les Salines i al coll de Maçana. Sobre seu es disposen els materials pròpiament paleozoics, els quals s'agrupen en sis unitats cronològiques: Cambroordovicià, Ordovicià superior, Silurià, Devonià, Carbonífer inferior-mitjà i Carbonífer superior-Permià.

Sota la denominació de Cambroordovicià s'aplega el conjunt de sediments, amb algunes intercalacions de roques ígnies, que se situa entre els gneis infrajacentes i els primers materials que contenen un registre fòssil abundant. Ateny més de 1.500 m de gruix. És format per una alternança rítmica de capes centimètriques d'argiles i de llims i sorres de gra molt fi, en la qual s'intercalen nivells mètrics de gresos, de conglomerats, de calcàries, de dolomies i de roques volcàniques i vulcanosedimentàries. A causa de les transformacions metamòrfiques lligades al cicle hercinià, els materials cambroordovicians s'han convertit en pissarres, esquists, quarzites, metarudites, marbres i amfibolites, principalment. Les roques d'aquesta unitat conformen la part septentrional del sector d'eix pirinenc gironí que s'estén des de Meranges fins a Molló. També hi pertanyen tots els materials metamòrfics aflorants als blocs de les Salines i de l'Albera, a la serra de Rodes i al massís de cap de Creus.

Els primers sediments ben datats de la successió paleozoica del Pirineu axial són de l'Ordovicià superior. Aquestes roques, que assoleixen un gruix màxim d'uns 1.000 m, recolzen de manera discordant sobre les del Cambroordovicià. La part baixa de la unitat és formada per un nivell de conglomerats sobre el qual se situen materials vulcanodetrítics àcids amb intercalacions de laves riolítiques i dacítiques, datats del Caradocià. Damunt seu es troba un nivell de llims i de calcàries que correspon a l'Ashgil·lià. La sèrie ordoviciana acaba amb un conjunt de lutites negreses que, de manera transicional, marquen el pas cap al Silurià. Com les de la unitat anterior, aquestes roques estan afectades pel metamorfisme regional hercinià i resten transformades en metarudites, esquists quarzfeldspàtics i quarzítics, metavulcanites, marbres i pissarres



*Serralada Transversal de les Guilleries.
Al fons s'observa Puigsacalm.
(Foto: Joana Ferrer)*

negroses. Els materials de l'Ordovicià superior es localitzen al sector occidental del Pirineu axial gironí, on constitueixen una franja que es disposa entre el Cambroordovicià i les unitats paleozoiques postordovicianes. Els afloraments més extensos es troben a l'entorn de Campelles, de Ribes de Freser i de Pardines.

Al Pirineu axial gironí els materials del Silurià estan molt laminats i no se'n sap l'espessor. Es tracta de lutites negres amb sulfurs, que contenen un abundant registre fòssil, en especial de graptòlits i d'ortoceràtids. Cap a la part alta de la sèrie són freqüents les intercalacions de calcàries, les quals passen de manera gradual a la unitat suprajacent. El metamorfisme hercinià ha estat, en general, molt feble en aquestes roques. Els afloraments silurians són discontinus i es distribueixen, principalment, entre Camprodon i Toses.

La unitat que correspon al Devonian és formada per calcàries i margocalcàries amb fòssils de crinoids i d'ortoceràtids. Localment, conté intercalacions de gresos i de lutites. Assoleix un gruix total de 500 m. Com en el cas dels materials del Silurià, les transformacions metamòrfiques en aquestes roques són de baix grau. La sèrie devoniana aflora extensament a les serres de Moixeró, Mogrony i Cavallera.

El Carbonífer inferior-mitjà és la darrera unitat afectada per l'orogènesi hercíniana. La successió de materials que la constitueix té dues parts ben diferenciades: una d'inferior, preorogènica, formada per lidites, calcàries i lutites; i una de superior, sinorogènica, constituïda de gresos, lutites i conglomerats. En conjunt no sobrepassen els 500 m de gruix. Aquestes roques es localitzen de manera molt discontinua i afloren, entre altres indrets, a Bellver i Ogassa. Els materials del Carbonífer superior-Permià es formen amb posterioritat a les fases principals de deformació del cicle hercinià. Es tracta de conglomerats, bretxes, gresos, lutites vermelles i carbons, amb nombroses intercalacions de roques volcàniques i vulcanodetrítiques. Tot aquest conjunt recolza discordantment sobre les altres

Aquesta unitat de relleu està constituïda per diferents tipus de roques ígnies, sedimentàries i metamòrfiques

unitats paleozoiques i ateny una potència molt variable, que normalment és superior a 100 m. Els seus escassos afloraments es localitzen, fonamentalment, entre Camprodon i Ogassa.

Les manifestacions volcàniques del Carbonífer superior-Permià es relacionen directament amb una intensa activitat ígnia profunda, de la qual es deriven nombroses roques plutòniques i hipabissals. Així, es formen plutons de mides quilomètriques, constituïts principalment per granits monzonítics, granodiorites i tonalites, els quals estan travessats per dics de roques de composició molt variada. Els afloraments de roques plutòniques es localitzen al massís del Puigpedrós, al bloc de les Salines, a la vall del Llobregat d'Empordà, a l'Albera occidental, al glacis dels Estanys, a la serra de Rodes i al massís de cap de Creus. Associat a l'emplaçament dels cossos magmàtics de grans dimensions, es produeix un metamorfisme de contacte en les roques encaixants. Aquest, que se sobreposa al de tipus regional, afecta de manera localitzada els materials de les unitats paleozoiques preectòniques, en particular els del Cambroordovicià, que esdevenen, majoritàriament, esquists pigallats, cornianes i marbres.

2.2. *Depressió de la Cerdanya*

És una fossa tectònica que, orientada d'est-nord-est a oest-sud-oest, creua l'extrem occidental del Pirineu axial gironí. Es va formar durant el Miocè superior com a conseqüència de la distensió produïda pel moviment de la falla de la Tet. Hi afloren sediments detrítics continentals datats del Neogen i del Quaternari.

Els materials del Neogen atenyen un gruix superior a 400 m. Consisteixen, fonamentalment, en graves i sorres, a vegades cimentades, dipositades en ventalls al·luvials adossats als marges de la depressió. A la part central de la fossa, coincidint amb les facies distals dels ventalls, els sediments són de granulometria més fina i, localment, s'hi localitzen nivells d'argiles i de lignits que testimonien l'existència de llacs.

Els dipòsits quaternaris són, majoritàriament, de caràcter al·luvial i es relacionen directament amb les aportacions fluvials del riu Segre. Es tracta de graves amb intercalacions de sorres, llims i argiles.

2.3. *Prepirineu*

Conforma una faixa muntanyosa estreta que es disposa paral·lela a l'eix pirinenc. És constituït per roques sedimentàries de l'era Secundària i de començaments de la Terciària, les quals, com a conseqüència de la tectònica compressiva de l'orogènesi alpina, estan plegades i encavalquen materials més moderns. Alguns retalls del Prepirineu s'han desplaçat cap al sud i constitueixen massissos aïllats d'entitat pròpia. És el cas del serrat de l'Illa, situat entre el Subpirineu i la plana empordanesa; i del massís del Montgrí, que sobresurt al mig d'aquesta plana i constitueix el límit natural entre les comarques de l'Alt i del Baix Empordà.

La depressió de la Cerdanya és una fossa tectònica que creua l'extrem occidental del Pirineu axial gironí. Hi afloren sediments detrítics continentals del Neogen i del Quaternari

El Prepirineu conforma una faixa muntanyosa estreta, paral·lela a l'eix pirinenc i constituïda per roques sedimentàries de les eres Secundària i Terciària

Els materials que afloren al Prepirineu s'agrupen en quatre unitats estratigràfiques: Triàsic, Juràssic, Cretaci i Cretaci-Paleocè.

La successió sedimentària triàsica és formada per tres nivells litològics que afloren de manera local i aïllada. L'inferior (Buntsandstein) és constituït per conglomerats vermells, ateny un gruix de 40 m i es troba a Bac Grillera i a Masarac. El mitjà (Muschelkalk) es compon de calcàries i calcàries dolomítiques, la seva espessor és de 80 m i només apareix a Masarac. El superior (Keuper) consisteix en un paquet d'argiles i guixos del qual es desconeix la potència a causa de la forta laminació tectònica que sempre presenta. Es localitza, entre altres indrets, a Biure, a Pont de Molins, a Figueres, a Bellcaire, a Ullà, a Torroella de Montgrí i a l'Estartit.

Les roques acumulades durant el Juràssic són, essencialment, de natura carbonàtica. Es tracta de dolomies, calcàries i margues, que assoleixen una espessor total d'uns 220 m. Afloren a Bac Grillera, al serrat de l'Illa, al massís del Montgrí i a les illes Medes.

El Cretaci és representat per una successió de calcàries, amb intercalacions puntuals de margocalcàries i de gresos i conglomerats, i pot arribar a sobrepassar globalment els 1.000 m de gruix. Aquests materials conformen els relleus calcaris de Bac Grillera, del serrat de l'Illa i del massís del Montgrí. Són també presents al puig de Gorners, a Sant Mori i a Masarac, entre altres indrets.

La darrera unitat estratigràfica que conforma el Prepirineu gironí és el Garumnian, que aplega els sediments continentals dipositats al final del Cretaci superior i a l'inici del Paleocè. S'hi poden diferenciar dos trams. L'inferior és format per conglomerats amb nombroses intercalacions de gresos, de llims i argiles vermelles i de paleosòls carbonatats. El superior es compon de calcàries llacunars. El gruix total dels materials garumnians és d'uns 400 m. Els seus afloraments es localitzen, entre altres llocs, a Mogrony, a la serra de Sant Amanç, a Rocabruna, a la Muga alta, al massís de Bac Grillera, a les escates de Boadella i de Darnius i a la serra de Montroig.



Vista aèria
de la zona volcànica d'Olot.
(Foto: Joana Ferrer)

2.4. Subpirineu

És un conjunt de serres orientades de llevant a ponent, adossades al costat meridional del Prepirineu, que limiten al sud amb la fossa d'Olot i amb la serralada Transversal, al llarg de la falla del Fluvià; i a l'est amb la depressió empordanesa. Hi afloren roques sedimentàries del Cenozoic, les quals estan plegades i fracturades per la tectònica compressiva del cicle alpí. Localment, prop del nucli axial pirinenc, s'hi troben petits retalls de materials paleozoics, com també succeeix a Oix i a Sant Aniol, entre altres llocs, on afloren roques plutòniques i metamòrfiques. A Terrades hi ha pissarres i calcàries amb arqueociàtids del Cambrià, que són els fòssils més antics de Catalunya.

Les unitats litoestratigràfiques que constitueixen el Subpirineu són del Paleogen (Pallí, 1972). A la part baixa de la successió se situa el nivell de calcàries de la Formació Orpí, que assoleix una espessor d'uns 200 m. Aquestes calcàries limiten de manera transicional, cap al sostre i a l'est, amb les margues de la Formació Sagnari, les quals atenyen un gruix d'uns 250 m. Per damunt se situa la Formació Coronas, que agrupa dos nivells de calcàries separats per una intercalació de conglomerats, gresos i lutites vermelles. La potència del conjunt és d'uns 125 m. Sobre seu es troba la Formació Terrades, constituïda per margues, margocalcàries i calcàries. Aquesta unitat assoleix una espessor de fins a 1.170 m i limita cap a l'oest de manera transicional amb les margues i calcàries de la Formació Armànies, que tenen un gruix màxim d'uns 480 m. Per sobre es disposen els gresos i argiles de la Formació Campdevànol, que arriben a tenir una potència de 600 m. Al damunt es troben els guixos i anhidrites, amb nivells margosos, sorrencs i conglomeràtics intercalats, que constitueixen la Formació Vallfogona. El seu gruix és incert, però supera els 100 m en alguns indrets. Finalment, la successió sedimentària aflorant al Subpirineu acaba amb els conglomerats, gresos i lutites vermelles de la Formació Bellmunt, que assoleixen una potència d'uns 150 m.

2.5. Serralada Transversal

Comprèn les serres que queden delimitades al nord pel curs mitjà del riu Fluvià i al sud pels massissos més septentrionals del sistema mediterrani (Guilleries i Gavarres); a l'est arriba fins a la depressió de l'Empordà i a l'oest limita amb la plana de Vic, mitjançant l'altiplà del Cabrerès. Un apèndix de la serralada, adossat al marge septentrional dels massissos litorals, es perllonga cap a l'est fins a la platja de Pals, i dona lloc a les anomenades Pregavarres.

És constituïda per sediments del Paleogen desnivellats per un conjunt de falles normals paral·leles, orientades preferentment segons la direcció nord-oest/sud-est, que han estat generades com a conseqüència de la tectònica distensiva de l'orogènesi alpina. Aquesta fracturació porta associada una activitat volcànica intensa que té lloc durant el Quaternari, i la seva màxima expressió es troba a la veïna fossa d'Olot.



Terres volcàniques a Olot.
(Foto: Joana Ferrer)

Al Subpirineu, un conjunt de serres adossades al costat meridional del Prepirineu, hi afloren roques sedimentàries del Cenozoic

La serralada Transversal està delimitada pel Fluvià al nord, les Guilleries i les Gavarres al sud, la depressió de l'Empordà a l'est i la plana de Vic a l'oest, i és constituïda per sediments del Paleogen

Entre el Subpirineu i la serralada Transversal, la fossa d'Olot és una depressió tectònica conformada parcialment per materials quaternaris

Deixant de banda les roques volcàniques, la successió litoestratigràfica dels materials de la serralada Transversal és representada, a la base, per la Formació Pontils (Pallí, 1972). Aquesta unitat es compon de fins a 350 m d'argiles i llims vermells amb intercalacions de nivells mètrics de conglomerats i de gresos. Localment, presenta un nivell prim de calcàries a la part baixa, que pertany a la Formació Orpí. Sobre seu se situen les calcàries amb nummulits de la Formació Girona, que assoleixen un gruix de 150 m. Al seu cim es troba, en el sector septentrional de la serralada, el Membre Beuda, compost per uns 200 m de guixos i anhidrites. A continuació es disposen les margues de la Formació Banyoles, que arriben a tenir una espessor de 350 m. Damunt seu es localitzen, puntualment, uns 30 m de conglomerats i gresos amb argiles vermelles, que pertanyen a la Formació Bellmunt. Per sobre es troben els gresos amb glauconita del Membre Barcons, que constitueixen la part baixa de la Formació Rocacorba. Assoleixen un gruix màxim d'uns 150 m. Al seu sostre se situen els gresos amb intercalacions de margues del Membre Puigsacalm, que representen la part alta de la Formació Rocacorba. La seva espessor és d'uns 300 m. Recobrint aquests sediments, es disposen les margues i margocalcàries de la Formació Igualada, que arriben a tenir uns 250 m de gruix. Seguidament apareix el nivell calcari de la Formació Tossa, el qual aflora de manera discontinua i presenta una espessor màxima de 90 m. La sèrie estratigràfica dels sediments de la serralada Transversal té com a sostre els materials de la Formació Artés, constituïda per conglomerats, gresos i lutites vermelloses, que tenen un gruix d'uns 200 m.

2.6. Fossa d'Olot

Consisteix en una depressió tectònica situada entre el Subpirineu i la serralada Transversal. El seu origen és degut al moviment de les falles normals lligades al període distensiu del cicle alpí. Està parcialment reblerta de materials quaternaris. Es tracta, d'una banda, de roques volcàniques efusives de natura basàltica i de dipòsits piroclàstics de mida variable; i de l'altra, de sediments al·luvials i palustres, molts acumulats en zones de represament provocades per les colades de lava.



*Serralada Prelitoral.
Sector oriental de les Guilleries.
(Foto: Joana Ferrer)*

2.7. Plana de l'Empordà

La depressió o plana de l'Empordà, oberta al mar pel costat de llevant, queda delimitada al nord pel Pirineu axial, a ponent pel Subpirineu i per la serralada Transversal, i al sud pels massissos litorals de la serralada Costanera Catalana. Al mig de la plana sobresurt el massís del Montgrí, que, com ha estat assenyalat, pertany al Prepirineu.

La seva formació es relaciona amb l'etapa de distensió lligada al cicle alpí. Encara que hi ha algunes zones elevades a l'interior de la depressió en què afloren materials del Paleogen, majoritàriament està reblerta de sediments marins i continentals del Neogen i del Quaternari, així com de roques volcàniques neògenes.

Els sediments paleògens es localitzen bàsicament a les serres de Valldevià i de Ventalló, i a l'acabament frontal del mantell del Montgrí. Les unitats litoestratigràfiques que s'hi troben corresponen a la part alta de la sèrie de la serralada Transversal, en concret a les formacions Igualada, Tossa i Artés.

Els materials del Neogen consisteixen en un conjunt de ventalls al·luvials adossats als marges septentrional, meridional i occiden-



La plana de l'Empordà, oberta al mar per l'est, limita al nord i oest amb les serres pirinenques, i al sud amb el sistema Mediterrani; està majoritàriament reblerta de sediments del Neogen i el Quaternari

Castellfollit de la Roca, situat sobre un penya-segat basàltic. (Foto: Joana Ferrer)

tal de la plana. Es tracta de dipòsits de graves i sorres amb intercalacions argiloses. Les argiles arriben a ésser dominants a les fàcies distals dels ventalls. Al sector nord-est de la depressió les aportacions detrítiques continentals més modernes passen de manera gradual a sediments de transició i marins, formats per sorres i lutites amb abundant fauna fòssil. El gruix total del rebliment de materials neògens és molt variable d'un indret a un altre, i assoleix valors d'uns 900 m a la zona central de la fossa.

Els dipòsits quaternaris són, majoritàriament, de caràcter al·luvial. Es tracta de graves, sorres, llims i argiles, tots materials acumulats pels rius Muga, Fluvià, Ter i Daró. Cap a l'est, aquests rius construeixen lòbuls deltaics on els sediments al·luvials són retreballats pel vent i pel mar. En aquesta plana fluviodeltaica s'hi troben dipòsits de maresmes, compostos d'argiles i llims negrosos; cordons de dunes litorals, formats per sorres; i platges, constituïdes per sorres i graves.

La depressió Central, on afloren materials terciaris, sols ocupa en l'àmbit gironí un petit espai adossat a l'extrem occidental del Montseny

El conjunt muntanyós del sistema Mediterrani es disposa paral·lelament a la costa entre la plana empordanesa i les terres tarragonines

L'activitat volcànica de la depressió empordanesa va ser sincrònica amb la sedimentació dels materials del Neogen. La major part dels afloraments es localitzen als marges meridional i septentrional de la fossa, i corresponen a restes de colades basàltiques molt desmantellades. També es troben roques volcàniques en sectors interiors de la plana, intercalats entre els sediments del Neogen o bé disposats directament sobre els materials del Paleogen.

3. Depressió Central

Correspon a la zona relativament plana que s'estén entre el sistema Mediterrani i el Pirineu. Hi afloren materials terciaris escassament deformats per la tectònica alpina, que sovint jauen quasi horitzontals. Dins l'àmbit territorial gironí, la depressió Central té una molt escassa representació, atès que tan sols ocupa un petit espai adossat a l'extrem occidental del Montseny, que pertany a la unitat de relleu de la plana de Vic. Hi afloren conglomerats, gresos i lutites vermelles de la Formació Pontils, ja esmentada.

4. Sistema Mediterrani

És un conjunt muntanyós disposat paral·lelament a l'actual línia de costa, que s'estén des de l'extrem meridional de la plana empordanesa fins a les terres tarragonines. El sistema Mediterrani, també anomenat Catalànids o serralada Costanera Catalana, està integrat, a les comarques gironines, per tres unitats de relleu principals. Es tracta dels massissos litoral i prelitoral, i de la depressió prelitoral que els separa. Aquestes unitats es van individualitzar com a conseqüència de la fracturació generada durant l'etapa tectònica distensiva que va afectar el marge mediterrani al final de l'orogènia alpina.

4.1. Serralada Prelitoral

És la cadena nord-occidental dels Catalànids, que es disposa adossada a la depressió Central i limita al nord amb la serralada Transversal. Agrupa els massissos del Montseny i de les Guilleries, ambdós constituïts per roques ígnies i metamòrfiques del Paleozoic, afectades per les orogènesis hercínica i alpina. Els materials aflorants són molt semblants als del Pirineu axial.

La part baixa de la successió, seguint l'ordre cronològic de la seva formació, es compon d'una sèrie pelítica amb intercalacions de calcàries, dolomies, gresos i roques volcàniques àcides i bàsiques. Les transformacions metamòrfiques lligades al cicle hercinià han convertit aquestes roques en esquists, marbres, quarsites, amfibolites i gneis. Tots aquests materials, a causa de la manca de fòssils, s'apleguen sota la denominació genèrica de Cambroordovicià. Afloren als sectors sud i oest del Montseny i, sobretot, a la part oriental de les Guilleries. El seu gruix supera els 1.000 m.

Sobre els materials del Cambroordovicià se situen les roques sedimentàries i vulcanosedimentàries de l'Ordovicià superior,

les quals assoleixen una espessor de més de 1.000 m. La part baixa d'aquesta unitat es compon d'un nivell de conglomerats. Per damunt seu es disposa una sèrie vulcanodetrítica àcida, datada del Caradocià, que aflora al sud de Sant Martí Sacalm i a l'oest de Llorà. El metamorfisme hercinià ha transformat aquestes roques en metarudites, esquists quarsfeldspàtics i quarsítics i metavulcanites.

Al nord-oest de Llorà afloren unes pissarres amb graptòlits, datades del Silurià, i unes calcàries amb ortoceràtids i crinoids, pertanyents al Devonian. Aquests materials, que assoleixen un gruix d'uns 80 m, són els més moderns del cicle sedimentari paleozoic en aquesta serralada.

Bona part de la serralada Prelitoral està constituïda per roques plutòniques i hipabissals emplaçades al final de l'orogènia hercyniana, concretament entre el Carbonífer superior i el Permià. Aquests materials, com els seus homòlegs del Pirineu axial, apareixen en forma de plutons discordants de mides quilomètriques, i estan compostos per granits monzonítics i granodiorites, principalment, els quals estan travessats per una munió de dics de roques hipabissals de composició variada. Afloren extensament al massís del Montseny i a les Guilleries occidentals. La intrusió dels plutons va generar un metamorfisme de contacte a les roques encaixants, que se sobreposa al metamorfisme regional, el qual afecta de manera localitzada els materials del Cambroordocivià i els converteix en esquists pigallats, cornianes i marbres, principalment.

4.2. Depressió Prelitoral

Consisteix en una llarga fossa tectònica que s'orienta de nord-est a sud-oest i separa els massissos litorals dels prelitorals. A l'entorn de la ciutat de Girona, limita amb la serralada Transversal. En detall, és formada per tres subunitats: la depressió de la Selva, el llindar de Maçanet i la fossa del Vallès-Penedès. Totes es van formar durant la fase de tectònica distensiva del cicle alpí. Estan parcialment omplertes de sediments i de roques volcàniques del Neogen i del Quaternari.

Les roques sedimentàries del Neogen estan constituïdes per graves, sorres i argiles dipositades durant el Pliocè per un sistema de ventalls al·luvials situats al peu dels massissos que encercen la fossa. Localment, s'instal·len llacunes en què s'acumulen lutites. L'espessor màxima d'aquests materials és d'uns 200 m.

Els sediments del Quaternari són, majoritàriament, de tipus al·luvial i corresponen a les aportacions de l'Onyar i d'altres cursos fluviotorrentials que, provinents dels relleus circumdants, aboquen els seus materials a la depressió.

Les roques volcàniques de la depressió prelitoral es concentren al llindar de Maçanet i a les vores de la depressió de la Selva. Es tracta de colades de lava basàltica, a vegades apilades, i de xemeines volcàniques molt desmantellades, que daten, sobretot, del

La serralada Prelitoral agrupa els massissos del Montseny i de les Guilleries, que estan constituïts per roques ígnies i metamòrfiques del Paleozoic

La depressió de la Selva, el llindar de Maçanet i la fossa del Vallès-Penedès formen la depressió Prelitoral, parcialment omplerta de sediments i roques volcàniques del Neogen i el Quaternari

*El pla de Girona
vist des de ponent.
(Foto: Joana Ferrer)*



El sector gironí de la serralada Litoral està constituït pels massissos de la Selva Marítima, les Gavarres i Begur, tots tres compostos de roques paleozoiques

Pliocè. Tanmateix, hi ha edificis ben conservats, com la Crosa de Sant Dalmai, que han estat atribuïts al Quaternari.

4.3. Serralada Litoral

És la part sud-oriental de la serralada Costanera Catalana. Es disposa orientada de nord-est a sud-oest i és paral·lela al traçat de la línia de costa. El sector gironí està constituït pels massissos de la Selva Marítima, de les Gavarres i de Begur, tots tres compostos de roques ígnies i metamòrfiques del Paleozoic, que han sofert els efectes de les orogènesis hercínica i alpina.

Les unitats cronològiques diferenciables en els materials aflorants en aquests massissos són molt semblants a les de la serralada Prelitoral i a les del Pirineu axial.

La part baixa de la successió és representada per les roques del Cambroordovicià, que consisteixen en pelites amb intercalacions de calcàries, de dolomies, de gresos i de conglomerats. No hi apareix cap nivell de gneis. El seu gruix total és superior als 2.000 m. El metamorfisme hercinià que afecta aquests materials és de baix grau, i s'han transformat en fil·lites, pissarres, marbres, quarsites i metarudites. Afloren extensament als massissos de les Gavarres i de Begur.

La unitat suprajacent pertany a l'Ordovicià superior. Es compon, de baix a dalt, de conglomerats; de roques vulcanoclàstiques àcides amb nombroses intercalacions de laves riolítiques i dacítiques; de limolites cavernoses, datades de l'Ashgílià; i de lutites negres. En conjunt, superen els 1.250 m de potència. En aquestes roques, les transformacions metamòrfiques són poc intenses; s'han convertit en esquists quarsfeldspàtics, grauàquics i cavernosos i en pissarres negres. Es localitzen al massís de les Gavarres i al sector septentrional de la Selva Marítima.

Per sobre se situen els materials del Silurià superior i del Devonià, constituïts per calcàries, escassament afectades pel metamorfisme regional. El seu gruix és d'uns 100 m al massís de les Gavarres, i de 8 m a la Selva Marítima.

El Carbonífer és la darrera unitat sedimentària aflorant a la serralada Litoral. Consta de gresos, quarsites, conglomerats i lidites, que



*Serralada Litoral.
Massís de les Gavarres.
(Foto: Joana Ferrer)*

superen els 85 m d'espessor total. Únicament es localitzen a la Selva Marítima.

Al final del cicle hercinià, amb posterioritat a la diposició de les roques sedimentàries i vulcanosedimentàries esmentades, té lloc la intrusió de nombrosos plutons discordants, com succeeix a la serralada Prelitoral i al Pirineu axial. En aquest moment es formen les roques plutòniques i hipabissals, que constitueixen bona part del massís de la Selva Marítima, així com la meitat meridional dels massissos de les Gavarres i de Begur. Es tracta, fonamentalment, de granits monzonítics i de granodiorites, com també de discs de roques de composició molt variada. Fruit d'aquesta activitat ígnea, les roques encaixants van patir un metamorfisme de contacte intens que va afectar tots els nivells aflorants de la sèrie paleozoica.

5. Conclusions

A les terres gironines afloren roques de composició molt diversa, formades per diferents processos petrogenètics des de fa uns 600 milions d'anys fins als nostres dies. Els efectes de l'aixecament de la serralada pirinenca durant el Paleogen i, posteriorment, la distensió generalitzada del marge mediterrani en el Neogen han establert els grans trets morfoestructurals de les terres gironines, que queden repartides en onze unitats de relleu principals. En aquest context, les roques formades durant el Paleozoic (570 a 245 milions d'anys enrere) constitueixen el nucli axial pirinenc, com també els massissos enlairats del Sistema Mediterrani. Els sediments mesozoics (245 a 65 milions d'anys), més aviat escassos a les terres gironines, configuren el Prepirineu. La resta d'unitats de relleu estan compostes de materials del Cenozoic (darrers 65 milions d'anys). Les roques més antigues d'aquesta era, és a dir, les del Paleogen, es localitzen a les zones enlairades: serralada Transversal i Subpirineu. En canvi, les modernes (les del Neogen i del Quaternari) són presents a les àrees deprimides: plana empordanesa, depressió de la Cerdanya, depressió Prelitoral i fossa d'Olot.

A les terres gironines, les roques del Paleozoic constitueixen el Pirineu axial i els massissos enlairats del sistema Mediterrani; els sediments mesozoics configuren el Prepirineu, i la resta d'unitats de relleu es componen de materials del Cenozoic



Imatge del litoral
des de Sa Riera.
(Foto: Joana Ferrer)

Bibliografia

- PALLÍ, L. i MAESTRO, E. (1992), *Unitats de relleu*. Dins: PALLÍ, L. i BRUSI, D. (ed.), *El medi natural de les terres gironines*, pàg. 15 - 20.
- PALLÍ, L.; ROQUÉ, C. i BRUSI, D. (1995), *Unitats de relleu*. Mapa escala 1:200.000, Col·lecció Cartografia Temàtica de les Terres Gironines, núm. 2.
- PALLÍ, L. (1972), *Estratigrafia del paleògeno del Empordà y zonas limítrofes*. Publ. Geol., UAB., núm. 1, 338 pàg.



SABADELL
GRUP ASSEGUADOR

C/ Ciutadans, 16, 1r - 17004 GIRONA
Telèfon 20 65 38 - Fax 20 54 29

EFICÀCIA PER A LA SEVA SEURETAT

Els estudis geotècnics per a l'edificació. Aspectes relatius a la informació prèvia i mètodes de reconeixement del terreny

20

Ignasi Capellà
Rogelio Linares
Lluís Pallí
Carles Roqué

1. Introducció

En l'àmbit de l'edificació, el reconeixement del terreny té com a objectiu obtenir la informació necessària per poder projectar una fonamentació de la manera més econòmica i segura. Les característiques que més condicionen la despesa econòmica i/o la seguretat de l'obra són la capacitat portant per a un assentament tolerable, en el cas de les formacions superficials (d'ara endavant sòls, en sentit ampli), i la dificultat d'excavació, en el cas de les roques. Ambdues representen les aportacions principals que proporciona un estudi geotècnic, en el qual la informació geotècnica es complementa amb la de caire geològic i hidrogeològic per preveure el comportament del terreny davant un esforç sol·licitat per una construcció.

Els estudis geotècnics es divideixen en dues grans categories: els d'avaluació i els de construcció (Rodríguez Ortiz *et al.*, 1995). Els primers serveixen per tenir un coneixement general d'àrees extenses, per detectar llocs problemàtics pel que fa a la fonamentació i per planificar i ordenar el territori d'acord amb les seves prestacions geotècniques. Els segons, sobre els quals se centra específicament aquest treball, estan lligats a un projecte constructiu i tenen com a finalitat esbrinar el tipus i les propietats geotècniques del terreny per poder definir les opcions de fonamentació. En aquests hi ha dues fases de treball diferenciades: la de recopilació d'antecedents i informació prèvia i la de reconeixement en el

Les característiques que més condicionen les despeses i la seguretat de les obres són la capacitat portant dels sòls i la dificultat d'excavació de les roques

En l'edificació, els estudis geotècnics tenen com a finalitat esbrinar el tipus i les propietats geotècniques del terreny, per poder establir les bases de fonamentació

mateix terreny. En què consisteixen i com es porten a terme cada una d'aquestes fases?

2. Recopilació d'antecedents i informació prèvia

És essencial per fer un plantejament i un desenvolupament correctes de l'estudi geotècnic. En concret, és imprescindible per poder planificar de manera eficaç el reconeixement que posteriorment es farà en el mateix terreny. Per tal que aquesta fase resulti d'interès, ha d'aportar dades de tot allò que pugui influir en el tipus de prospecció del terreny i en les opcions de fonamentació que finalment es proposin. Així doncs, caldrà tenir en compte el tipus d'informació següent:

2.1. Dades del terreny

Fan referència a la morfodinàmica, a la litoestructura i a la hidrogeologia de la zona i, a més, en el cas que estiguin disponibles, a les dades geotècniques de tipus general. Tota aquesta informació es pot aconseguir a partir de diversos documents cartogràfics publicats per diferents organismes públics. Pel que fa als mapes, els més consultats són els següents:

- Mapes topogràfics. Es disposa de sèries a escala 1:5.000 de tot el terreny català i a 1:1.000 de la majoria de zones urbanes. Permeten una primera aproximació als aspectes morfodinàmics de la zona.
- Mapes geològics. Cobreixen quasi tot Catalunya a escala 1:50.000 i, en alguns sectors, a 1:25.000. N'hi ha també de més detallats, a escala 1:10.000 i 1:5.000, com els que elabora l'Àrea de Geodinàmica de la Universitat de Girona. De la seva consulta es pot obtenir un coneixement preliminar en aspectes tan importants per a la geotècnia com: el tipus de material que hi ha en el terreny, per saber si es tracta d'un sòl i de quin tipus (granular, cohesiu o de transició) o bé d'un substrat rocallós; si el terreny és o no homogeni; els gruixos de les unitats litològiques i la presència de fractures. Amb aquestes dades es podrà decidir la manera més apropiada de fer el reconeixement *in situ* del terreny.
- Mapes hidrogeològics. Només n'hi ha a escala 1:250.000 i 1:100.000. De la seva consulta es poden extreure dades relatives a les característiques bàsiques de les unitats hidrogeològiques: quimisme de les aigües subterrànies i dinàmica piezomètrica, principalment. En els estudis de construcció, la informació localitzada se sol aconseguir directament dels pous de la zona.
- Mapes geotècnics. Es presenten a escala 1:200.000, per a tot el territori, i a 1:25.000, per a algunes zones urbanes. La seva consulta permet saber si les condicions constructives són acceptables o desfavorables i, en el darrer cas, els factors que han motivat aquesta qualificació.

2.2. Informació de l'obra i de les infraestructures de la zona

Respecte de l'obra que es projecta, cal disposar de les dades següents: localització de les construccions en un plànol topogrà-

fic; ús de les construccions; tipus d'estructura; disposició estructural en planta; nombre de plantes per sobre i per sota de la rasant del terreny; ordre de magnitud orientatiu de les càrregues que es preveuen; toleràncies de l'estructura a moviments totals o diferencials; possibles vibracions derivades dels de la utilització de l'estructura i, finalment, moviments de terra (rebaixos o rebliments) previstos en la zona de construcció.

Aquestes dades, juntament amb les de tipus geològic abans esmentades, són les que més condicionen la manera de fer el reconeixement del terreny: si s'excavaran cates o es realitzaran sondatges; en quin nombre i a quina fondària, si es portarà a terme una campanya de prospecció geofísica i, finalment, si es practicaran assaigs geotècnics *in situ* i de quin tipus.

2.3. Antecedents

Recullen la informació derivada de l'experiència local de la zona on es projecta construir i del seu entorn. Els antecedents de fonamentació de les construccions veïnes, sobretot si hi ha hagut problemes, són els més interessats. Altres dades també importants, tot i que no són les úniques, són les següents: possibles variacions sobtades del nivell freàtic, que, en funció del tipus de sòl, poden traduir-se en inflaments o retraccions; possible agressivitat de l'aigua al formigó dels fonaments; existència de zones d'erosió intensa, que poden motivar la realització d'obres de protecció per evitar el descalçament dels fonaments; indicis d'antics rebliments, per tal d'evitar que la fonamentació s'hi encasti; i presència de conduccions de gas, llum i aigua que creuen la zona.

A més de la informació recopilada, tant si s'ha aconseguit a través de mapes com d'informes particulars, és recomanable fer una visita a la zona on es projecta construir per tal de corroborar els antecedents i, a més, fer una exploració en aspectes com el relleu, l'estabilitat de talussos, l'estratigrafia, la hidrologia superficial i l'accessibilitat a la zona.

3. Reconeixement del terreny. Mètodes

Tota la informació recollida permet concretar com s'ha de realitzar el reconeixement del terreny. Amb aquest mètode es pretén, d'una banda, identificar les unitats litològiques que poden acollir la fonamentació o restar dins la zona d'influència i, de l'altra, fer-ne una caracterització geotècnica. Per assolir el primer objectiu hi ha els mètodes de reconeixement directes i indirectes que més endavant es detallen. Respecte del segon dels pròpositos, es requereix la pràctica d'assaigs geotècnics tant *in situ* com al laboratori. Aquests últims no seran tractats en aquest article.

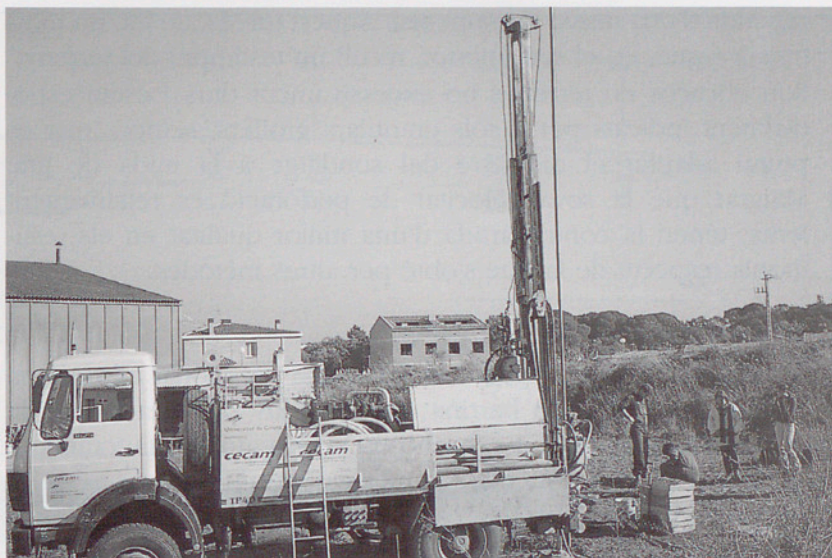
3.1. Mètodes de reconeixement directe o mecànics

Es basen en l'extracció d'una mostra del terreny mitjançant diferents tècniques. Hi ha dues modalitats: les cates i els sondatges.

Les dades del terreny, la informació de l'obra i de les infraestructures de la zona i els antecedents de l'àrea on es projecta construir són essencials per a un plantejament i desenvolupament correctes de l'estudi geotècnic

Amb el reconeixement del terreny es pretén identificar les unitats litològiques que poden acollir la fonamentació i fer-ne una caracterització geotècnica

Perforació del terreny
mitjançant un
sondatge mecànic.
(Foto: Arxiu UdG)



3.1.1. Cates

Es tracta d'excavacions de formes diverses que permeten obtenir una observació visual directa del terreny, prendre'n mostres i realitzar alguns assaigs geotècnics *in situ*. Tanmateix, no se n'arriba a obtenir una caracterització geotècnica rigorosa.

Perquè es puguin realitzar cal que els terrenys siguin excavables amb una pala retroexcavadora o retrogiratòria; que la fondària que es vol assolir no sigui superior als 5 m, i que el possible nivell de fonamentació es trobi a una fondària inferior o igual a l'esmentada.

3.1.2. Sondatges

Consisteixen en perforacions de petit diàmetre que permeten reconèixer la naturalesa i la localització de les diferents capes del subsòl, obtenir-ne mostres, determinar la fondària a la qual es troba el nivell freàtic i realitzar, en alguns casos, assaigs geotècnics *in situ*. Són la modalitat habitual de reconeixement en fondària i poden ser manuals o mecànics.

3.1.2.2. Sondatges mecànics

Permeten travessar qualsevol terreny cohesiu, granular o rocallós. Aquest tipus de sondatge és imprescindible quan es vol assolir fondàries superiors a les aconseguides amb els mètodes ja esmentats; reconèixer el terreny per sota del nivell freàtic; travessar terreny rocallós dur; extreure mostres inalterades profundes; realitzar assaigs geotècnics *in situ* de tipus mecànic, ja siguin de penetració o de càrrega; mostrejar aqüífers profunds o realitzar assaigs de permeabilitat *in situ*.

Segons la classe de terreny i la finalitat del treball, s'haurà d'escollir el tipus de sondatge més adequat dels molts que estan disponibles. Entre aquests cal destacar:

– Sondatges de percussió

La perforació avança mitjançant l'encastament d'un tub que hi ha a l'extrem inferior d'una barra que és empenya per la caiguda

repetida d'una massa damunt seu. Aquest tub és, de fet, un mostrejador que, en el seu interior, recull un testimoni del terreny. Són eficaços en terrenys no excessivament durs i estan especialment indicats per a sòls granulars grollers, sempre que es pugui adaptar el diàmetre del sondatge a la mida de gra. Malgrat que la seva velocitat de perforació és relativament lenta, tenen la contrapartida d'una millor qualitat en els testimonis respecte de la que s'obté per altres mètodes.

– Sondatges amb barrina helicoida

La perforació s'aconsegueix en fer girar i pressionar alhora una barrina. L'avenç de la barrina en el terreny provoca la sortida del material en superfície. La mostra aconseguida està totalment alterada i, en conseqüència, només es pot utilitzar per reconèixer i identificar el sòl.

Aquests sondatges, que no solen superar els 25 m de fondària, són relativament barats i ràpids. Tanmateix, aquests avantatges queden contrarestats per les nombroses limitacions en la seva utilització. Així, el terreny ha de ser relativament tou o solt; no hi pot haver capes cimentades ni graves i no s'ha de travessar roca. Cal fer notar també que la precisió en la localització de la fondària de les capes és de $\pm 0,50$ m (Rodríguez Ortiz *et al.*, 1995).

En definitiva, són sondatges poc precisos que sovint han de complementar-se amb altres mètodes. Només es poden justificar en casos concrets: per determinar la fondària d'un substrat rocallós o d'una capa de graves, que ja es coneixen prèviament, o per acotar el nivell freàtic.

– Sondatges de rotació amb bateria

És un mètode similar a l'anterior en què es perfora fent girar i pressionar alhora una bateria, que no és més que un tub mostrejador que té endurit l'extrem inferior o capçal perforador, anomenat corona. En accionar el dispositiu, el terreny és tallat en forma de cercle per la corona i s'introdueix progressivament dins la bateria. A cada certa fondària s'extreu la bateria i es retira el testimoni que hi ha al seu interior. Tot seguit s'incorpora de nou en el sondatge i, a mesura que es guanya fondària, s'afegeixen, des de la superfície, barnilles de perforació. En sòls granulars solts, la perforació es revesteix amb una camisa metàl·lica per tal que la paret del sondatge no es col·lapsi. En el cas de les roques, on aquesta problemàtica no existeix, la corona exerceix un fregament molt intens i ha de ser refrigerada. Això s'aconsegueix amb un sistema del mateix equip que permet injectar aigua o llot a la corona de manera contínua i a pressió.

Aquest mètode és un dels més utilitzats pels avantatges que comporta, atès que és precís, no té limitació pel que fa a la fondària que es vol assolir, i perquè la mostra o testimoni que se n'obté, tot i que és alterada en el cas dels sòls, és representativa del terreny. Aquest darrer fet permet disposar, un cop acabat el sondatge, d'una columna sencera del terreny travessat, que s'anomena testimoni continu.

Els mètodes de reconeixement directe es basen en l'extracció d'una mostra del terreny mitjançant excavacions de formes diverses (cates) o perforacions de petit diàmetre (sondatges)

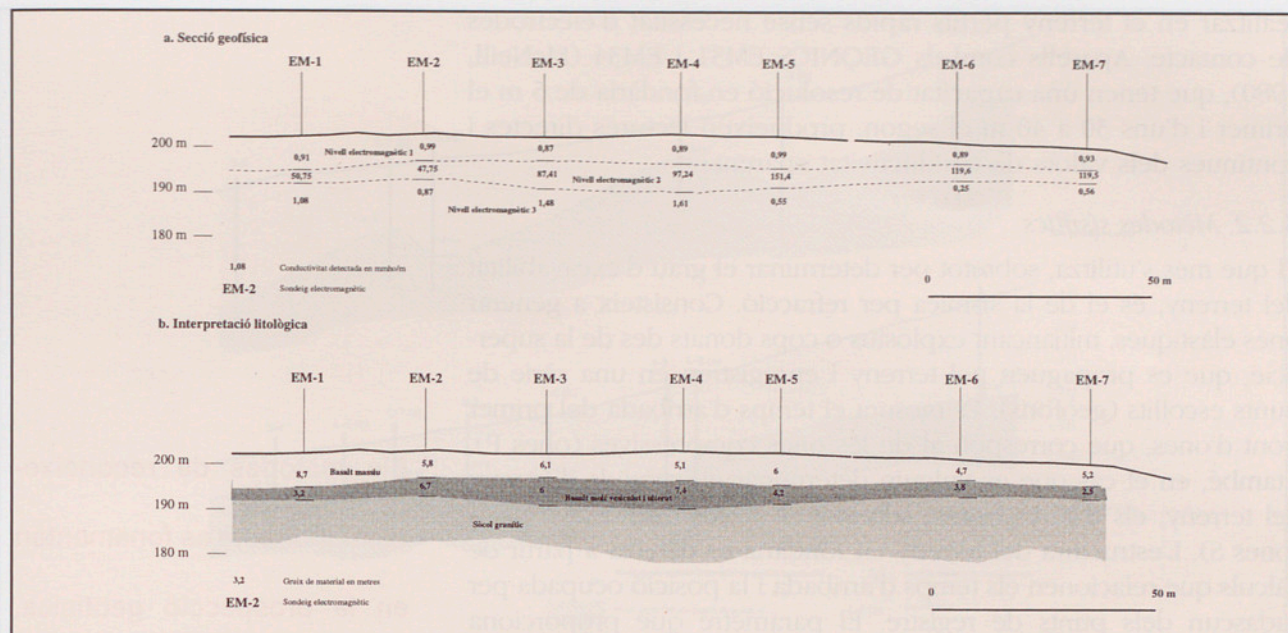


Figura 1.
Perfils geofísics (EM-34) i interpretació en terrenys volcànics.

3.2. Mètodes de reconeixement indirecte

Es fonamenten en la prospecció geofísica, la qual consisteix bàsicament a determinar, des de la superfície, alguna propietat física del terreny en profunditat, per poder deduir de quin tipus de materials es tracta. Cal dir que, tot i que la informació que proporciona és molt interessant i de baix cost de realització, no té validesa per si mateixa a causa de la precisió que requereixen els estudis de mecànica de sòls. Per aquesta raó la seva utilització resta limitada a treballs previs de tipus general o com a complement en estudis de grans superfícies, en els quals s'utilitza per correlacionar sondatges mecànics de reconeixement.

En els estudis geotècnics, els mètodes més utilitzats són els sísmics i els elèctrics.

3.2.1. Mètodes elèctrics

Els més emprats, i tot sovint de manera complementària, són el tradicional sondatge elèctric vertical i la cartografia de conductivitats (Cornwell i McCann, 1991).

El mètode del sondatge elèctric vertical consisteix a introduir una intensitat de corrent en el terreny i mesurar la diferència de potencial que es genera. Tant per a la transmissió com per a la recepció del corrent s'utilitzen elèctrodes encastats en punts preestablerts del terreny, la distribució dels quals està determinada per la configuració que se segueixi. Els dispositius de Schlumberger i de Wenner són els més comuns (Barker, 1981; Griffiths i Baker, 1989).

Respecte de la cartografia de conductivitats, en la darrera dècada s'ha convertit en un mètode d'exploració convencional i una potent ajuda a la investigació geotècnica clàssica (Zalasiewicz *et al.*, 1985). Consisteix a generar un camp magnètic primari i alternatiu i detectar els de tipus secundari originats com a resposta. Els equips d'inducció eletromagnètica (EM) que s'utilitzen permeten

realitzar en el terreny perfils ràpids sense necessitat d'elèctrodes de contacte. Aparells com els GEONICS EM31 i EM34 (McNeill, 1980), que tenen una capacitat de resolució en fondària de 5 m el primer i d'uns 30 a 40 m el segon, produeixen lectures directes i contínues dels valors de conductivitat aparent.

3.2.2. Mètodes sísmics

El que més s'utilitza, sobretot per determinar el grau d'excavabilitat del terreny, és el de la sísmica per refracció. Consisteix a generar ones elàstiques, mitjançant explosius o cops donats des de la superfície, que es propaguen pel terreny i enregistren en una sèrie de punts escollits (geòfons). Es mesura el temps d'arribada del primer front d'ones, que correspon al de les ones compressives (ones P), i també, en el cas que es vulguin determinar els mòduls dinàmics del terreny, els d'altres fronts, sobretot el de les ones transversals (ones S). L'estructura del terreny en fondària es detecta a partir de càlculs que relacionen els temps d'arribada i la posició ocupada per cadascun dels punts de registre. El paràmetre que proporciona aquesta relació és la velocitat de propagació de les ones compressives o grau de compacitat sísmica de les litologies investigades. La fondària de resolució d'aquest mètode, que depèn de l'energia de la font generadora d'ones, és de l'ordre d'uns 20 a 30 m, en el cas que es practiqui un copejament manual en la superfície del terreny, o d'uns 50 a 70 m, en el cas que s'utilitzin explosius.

3.3. Assaigs geotècnics in situ

Els més freqüents es poden agrupar en dues categories: els de penetració i els de càrrega.

3.3.1. Assaigs de penetració

Tenen com a objectiu, en primer terme, avaluar la resistència que ofereix el terreny a l'encastament d'una cullera. Posteriorment, a partir dels resultats obtinguts i mitjançant correlacions de base semiempírica, s'obtenen valors de paràmetres que possibiliten fer càlculs geotècnics. Els assaigs de penetració més habituals són els següents:

- Penetròmetre estàtic (*cone penetration test*, CPT)

Aquesta prova consisteix a endinsar en el terreny una barnilla cilíndrica de punta cònica mitjançant l'aplicació contínua d'una pressió estàtica. L'assaig es realitza amb una velocitat de penetració constant, que sol oscil·lar entre els 0,60 i 1,20 m/s. Per la seva natura, és especialment indicat per poder avaluar la capacitat portant per a pilons prefabricats.

En un assaig complet d'aquesta mena s'enregistren, quasi de manera contínua, la resistència en punta, és a dir, la que ofereix el terreny en ser penetrat per la punta cònica, i la resistència lateral, és a dir, la derivada del fregament lateral de part de la punta. A partir d'aquestes dades es poden obtenir valors aproximats de paràmetres com la densitat natural i l'angle de fregament intern, en sòls granulars; la cohesió aparent, en sòls cohesius; i el mòdul de deformabilitat, per a tots els sòls.

Els mètodes de reconeixement indirecte es fonamenten en la prospecció geofísica, que consisteix a determinar des de la superfície alguna propietat del terreny en profunditat, per deduir-ne el tipus de material

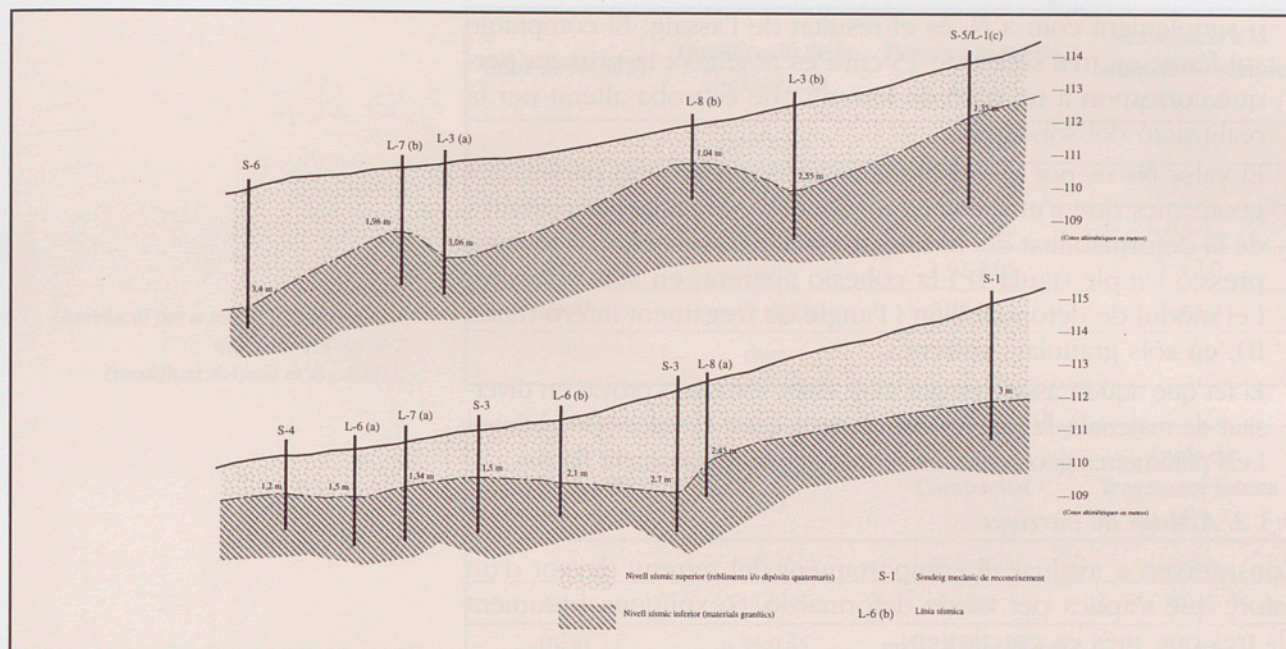


Figura 2.

Correlació de nivells litològics mitjançant sísmica per refracció en terrenys granítics.

- Penetròmetre dinàmic continu (*dynamic probing*, DP)
Es tracta d'introduir en el terreny una barnilla cilíndrica de punta cònica mitjançant, a diferència del cas anterior, el copejament repetit d'una massa que cau lliurement des d'una certa alçada. Les diverses modalitats d'execució d'aquesta prova es diferencien per una o més de les característiques següents: el pes de la massa, l'alçada de la caiguda i les dimensions de la barnilla i de la punta cònica. Totes s'apliquen en sòls predominantment granulars i és en aquests materials on la interpretació quantitativa dels resultats té més fiabilitat. L'assaig és relativament senzill de fer, ja que es tracta simplement de comptar el nombre necessari de cops per encastar la punta cònica a una longitud definida (10 o 20 cm). Aquest nombre es pot transformar, mitjançant diferents expressions matemàtiques, en la resistència en punta que ofereix el terreny. Dels resultats d'aquest assaig es poden obtenir també el grau de compacitat en sòls granulars i la cohesió aparent en sòls cohesius.
- Penetròmetre dinàmic discontinu (*standard penetration test*, SPT)
És una prova de penetració dinàmica. Consisteix a endinsar en el terreny un tub de mostreig estandarditzat, mitjançant l'energia derivada de la caiguda lliure d'una massa de 63,50 kg des d'una alçada de 76,20 cm damunt un capçal de copejament (*yunque*). El tub esmentat proporciona un petit testimoni del sòl que només pot utilitzar-se per a assaigs d'identificació. Quan es practica en sòls de gra gros, aquest tub se substitueix per una punta cònica similar a la dels assaigs anteriors. Per realitzar aquesta prova es fa una neteja del fons del sondatge, es col·loca el tub de mostreig i, tot seguit, es copeja fins a fer-lo penetrar 45 cm en el terreny. El nombre de cops necessaris per endinsar el tub els 30 cm darrers, que s'indica com a N_{30}

o simplement com a N, és el resultat de l'assaig. El comptatge sol fer-se en tres sèries de 15 cm i es negligeix la primera perquè correspon a un tram de terreny que es troba alterat per la realització del sondatge.

El valor N_{30} es pot correlacionar empíricament amb paràmetres geotècnics que s'utilitzen en el càlcul de la capacitat portant i de la deformabilitat del terreny, com ara la resistència a la compressió simple (taula I) i la cohesió aparent, en sòls cohesius, i el mòdul de deformabilitat i l'angle de fregament intern (taula II), en sòls granulars sorrenes.

El fet que aquest assaig estigui molt estès, estudiat i provat en diversitat de materials, fa que les correlacions entre el valor N_{30} obtingut i els paràmetres geotècnics esmentats siguin relativament fiables.

3.3.2. Assaigs de càrrega

Consisteixen a avaluar el comportament del terreny davant d'un esforç que s'aplica per tal de deformar-lo. S'expliquen breument els tres que més es practiquen.

– Assaig de Vane-Test

Es tracta de fer girar, a una determinada velocitat, dues pales creuades ortogonalment que prèviament s'han encastat en el terreny i que tenen com a arbre de torsió la seva aresta comuna. El gir indueix una deformació progressiva en el material fins que se n'assoleix la ruptura.

La mesura del par de torsió aplicat per provocar el gir pot relacionar-se, mitjançant una expressió matemàtica, amb la cohesió aparent. De fet, els equips solen disposar d'una escala graduada que permet una lectura directa del paràmetre esmentat.

És un assaig pensat per a argiles toves que es troben a prop de la superfície. Tanmateix, hi ha accessoris que possibiliten, amb el mateix equip, realitzar-lo en els fons d'un sondatge. També hi ha equips de butxaca que poden ser utilitzats al laboratori.

– Assaig amb pressiòmetre

Consisteix a introduir i fer dilatar una cèl·lula cilíndrica pneumàtica a una certa fondària dins el sondatge, per tal que exerceixi una pressió horitzontal contra la paret de la perforació i, en conseqüència, deformi el terreny.

A partir de les pressions aplicades i les deformacions volumètriques aconseguides es poden obtenir valors de la cohesió aparent i del mòdul elàstic del terreny. Tanmateix, aquest assaig planteja un problema d'interpretació, ja que es treballa amb esforços i deformacions horitzontals i, en canvi, les que generen les fonamentacions són de component vertical. Així, es pot considerar que és una prova recomanable per a casos en què s'hagi de conèixer l'empenta horitzontal del terreny. Un exemple seria el càlcul del fregament lateral dels pilons.

És un assaig que es pot practicar en diversitat de terrenys, però és especialment indicat per a sòls cohesius de gra fi.

Els assaigs de penetració tenen com a objectiu avaluar la resistència del terreny a l'encastament d'una cullera; els de càrrega consisteixen a determinar-ne el comportament davant un esforç per deformar-lo

Valor de N (SPT)	Qualificació de la consistència	Densitat saturada (g_{sat})	Resistència a la compressió simple q_u (kg/cm^2)
< 2	molt tova	1,44-1,60	< 0,25
2-4	tova	1,60-1,76	0,25-0,5
4-8	mitjana	1,76-1,92	0,5-1
8-15	rígida	1,92-2,08	1,0-2,0
15-30	molt rígida	2,08-2,24	2,0-4,0
> 30	dura	> 2,0	> 4,0

Taula I.
Correlació per a sòls argilosos a partir dels valors N del SPT (modificat d'Ayala et al., 1991).

Valor de N (SPT)	Densitat relativa (D _r)	Compacitat	Angle de fregament intern (f°)
< 4	< 0,15	molt solta	> 30
4-10	0,15-0,35	solta	30-35
10-30	0,35-0,65	mitjanament densa	35-40
30-50	0,65-0,85	densa (compacta)	40-45
> 50	0,85-1	molt densa	> 50

Taula II.
Correlació per a sòls cohesius a partir dels valors N del SPT (ampliat d'Ayala et al., 1991).

- Assaig de càrrega amb placa

Es tracta d'aplicar una càrrega damunt una superfície determinada del terreny i mesurar l'assentament vertical produït. La càrrega es transmet al terreny mitjançant una placa metàl·lica rígida d'uns 50 x 50 cm, i s'incrementa de manera esglaonada fins a superar el valor previst en la fonamentació. Per a cada interval de càrrega aplicada es mesura l'assentament provocat. La càrrega es pot obtenir del pes d'un camió o d'una màquina pesant o a partir d'ancoratges subjectats en el terreny.

Aquest és un assaig real, bé que a escala reduïda, del comportament del sòl davant els efectes d'una pressió vertical. Amb aquesta prova es pot determinar el mòdul d'elasticitat i preveure l'assentament per a una fonamentació projectada. També permet, en el cas de sòls cohesius i si la càrrega aplicada provoca la ruptura del terreny, obtenir la capacitat portant en condicions sense drenatge.

Els resultats s'han d'interpretar amb certa cura. Cal tenir present que es treballa amb una secció molt limitada del terreny i que l'abast de les sobrepressions que es generen en aplicar la càrrega és petit. Per tant, aquest assaig no és representatiu del que hi ha en fondària.

3.4. Presa de mostres

Les mostres són porcions representatives del terreny que en conserven alguna o totes les propietats. S'extreuen per identificar el terreny i caracteritzar-lo, mitjançant assaigs de laboratori, des del punt de vista geotècnic. N'hi ha de dos tipus: les alterades i les inalterades.

3.4.1. Mostres alterades

Són aquelles en què el procés d'extracció comporta canvis en algunes de les seves propietats. Es tracta de testimonis que s'obtenen en la realització d'un sondatge i s'utilitzen per determinar la litologia, la granulometria, la plasticitat, la densitat de les partícules i el quimisme, principalment el contingut de sulfats i de matèria orgànica.

3.4.2. Mostres inalterades

En el seu procés d'obtenció l'estructura es manté pràcticament intacta, és a dir, no hi ha quasi deformació. Si es fa un reconeixement mitjançant cates, aconseguir aquest tipus de mostra no té més dificultat que extreure una porció adequada del terreny de les parets o del fons de l'excavació. En el cas dels sondatges, el sistema que s'utilitza és encastar mostrejadors de paret prima en el fons de la perforació mitjançant una pressió estàtica o per percussió. Les mostres inalterades, un cop obtingudes, s'han de segellar per tal que no perdin la seva humitat natural. Com que conserven les seves propietats, aquestes mostres permeten, a més de les determinacions esmentades en el cas de les alterades, realitzar assaigs de resistència i de deformabilitat.

Les mostres del terreny s'extreuen per identificar-lo i caracteritzar-lo des del punt de vista geotècnic mitjançant assaigs de laboratori

30

4. Consideració final

L'elaboració d'un informe geotècnic no respon, malgrat el que es pugui considerar de la lectura d'aquest article, a un procediment rutinari i tipificat d'aplicació de mètodes i de formulismes. Així, l'experiència hi té un paper fonamental, ja que permet, d'una banda, una selecció adequada dels mètodes de reconeixement i, de l'altra, fer una interpretació fiable de les dades que se n'obtenen.

Bibliografia

- AYALA, F.J. (dir.) (1991), *Manual de ingeniería de taludes*. Instituto Tecnológico y Geominero de España.
- BARKER, R.D. (1981), *The offset system of electrical resistivity sounding and its use with a multi-core cable*. Geophysical Prospecting, 29, pàg. 128-143.
- CORNWELL, J.D. i McCANN, D.M. (1991), *The application of geophysical methods to the geological mapping of Quaternary sediments*. Dins: FORTSER, A. [et al.] (ed.), *Quaternary Engineering Geology*. Geological Society, Londres. Engineering Geology Special Publication, 7, pàg. 519-526.
- GRIFFITHS, D.H. i BAKER, R.D. (1989), *Electrical imaging and examples of its application*. Dins: GASKARTH, J.W. i LUMSDEN, A.C. (ed.), *Proceedings of the 6th extractive Industry Geology Conference*, Universitat de Birmingham.
- McNEILL, J.D. (1980), *Electromagnetic Terrain Conductivity Measurement at Low Induction Numbers*. Technical note TN-6, Geonics Limited, Ontario, Canadà.
- RODRÍGUEZ, J.M.; SERRA, J. i OTEO C. (1995), *Curso aplicado de cimentaciones*, sisena edició. Publicació del Col·legi Oficial d'Arquitectes de Madrid.
- ZALASIEWICZ J.A.; MATHERS, S.L. i CORNWELL, J.D. (1985), *The application of ground conductivity measurements to geological mapping*. Quarterly Journal of Engineering Geology, 18, pàg. 139-148.



cecam

centre d'estudis de la construcció
i anàlisi de materials

Experiència i renovació constant



Geotècnia

- Més de 20 anys d'experiència
- Manual de qualitat
- Tecnologia avançada
- Imparcialitat

Situació



CELRÀ
Pol. Industrial
C/ Pirineus - 17460 Celrà
Tel. 972 49 20 14 Fax 972 49 41 17

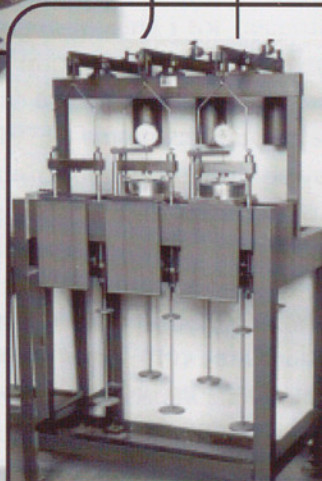
LLORET DE MAR
Ctra. antiga de Vidreres, sector ind.
Q, nau d-18 - 17370 Lloret de Mar
Tel. 972 37 12 23 Fax 972 37 10 15

VILAMALLA
Pol. Industrial Pont del Príncep
Sector I, parc, 28 - 17469 Vilamallà
Tel. 972 52 61 39 Fax 972 52 61 40

OLOT
Urb. Pla de Baix II
Av. Europa - 17800 Olot
Tel. 972 26 00 71 Fax 972 26 12 47



Obra civil



Organismes acreditatius

CONSTRUCCIÓ



Generalitat de Catalunya
Conselleria de Política Territorial i Obres Públiques.

Direcció General d'Arquitectura i Habitatge.
Homologats pel Ministerio de Fomento.

AGRICULTURA



Generalitat de Catalunya
Conselleria d'Agricultura, Ramaderia i Pesca.

Direcció General de Producció i Indústries Agroalimentàries.

MEDI AMBIENT



Generalitat de Catalunya
Conselleria de Medi Ambient.

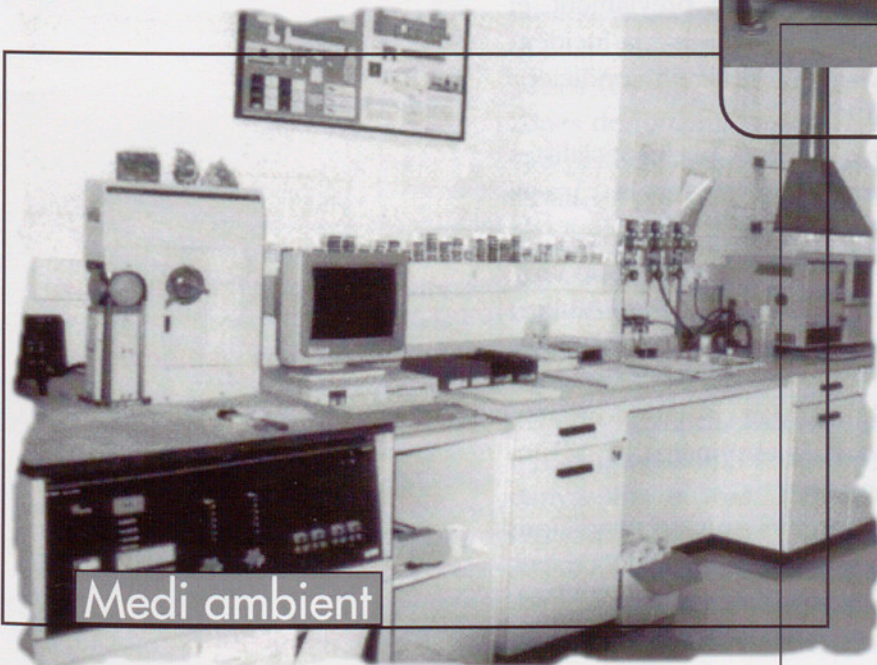
Junta de Sanejament.

SALUT AMBIENTAL I ALIMENTÀRIA



Generalitat de Catalunya
Departament de Sanitat i Seguretat Social.

Departament de Sanitat i Seguretat Social.
Direcció General de Salut Pública.



Medi ambient

Les argiles expansibles.

Anàlisi d'un problema geotècnic i primeres dades de l'abast del fenomen a les comarques gironines

Rogelio Linares

Lluís Pallí

Ignaci Capellà

Carles Roqué

David Brusi

32

1. Introducció

Entre el conjunt de factors que condicionen l'ús constructiu d'un territori, entès com a element del medi que suporta edificis i obres en general, les característiques geotècniques del terreny adquireixen un paper molt rellevant. Resulta de primordial interès conèixer, prèviament, el comportament mecànic del terreny, a fi de preveure'n la incidència en les construccions i, d'aquesta manera, estar en condicions de poder projectar-les adequadament.

En aquest context, l'informe geotècnic elaborat per especialistes esdevé un document imprescindible. S'hi determina la càrrega admissible o capacitat portant, resultat de la valoració conjunta de les càrregues d'enfonsament i els assentaments previstos.

Habitualment, en els sòls (en el sentit geotècnic del terme) la deformabilitat és el factor més restrictiu del valor de les càrregues que el terreny pot admetre i, com és prou sabut, fonamentar sobre materials amb capacitats altes de càrrega comporta un abaratiment de costos, i a la inversa. Aquest és el principal condicionant o restricció que imposa el terreny.

Tot i això, hi ha determinats tipus de terrenys que, en condicions geotècniques concretes, són especialment problemàtics. Es tracta, principalment, dels anomenats sòls expansibles i sòls col·lapsables, fenòmens molt documentats en publicacions especialitzades

Hi ha tipus de terrenys que, en condicions geotècniques concretes, resulten especialment problemàtics: són els anomenats sòls expansibles i sòls col·lapsables

i amb nombrosos exemples arreu del món. Malgrat les seves conseqüències socials i econòmiques, s'acostumen a veure com una cosa llunyana, sense projecció en el nostre àmbit territorial.

L'Equip de Geotècnia de la Universitat de Girona ha constatat la seva existència en diverses zones de les comarques gironines. Per aquesta raó s'ha iniciat una línia de recerca amb l'objectiu d'acotar cartogràficament i de quantificar-ne experimentalment l'abast. En aquest treball es tracten els anomenats sòls expansibles, amb la finalitat d'aportar la informació teòrica imprescindible per comprendre el fenomen correctament i, al mateix temps, donar a conèixer unes primeres dades sobre el seu abast territorial.

2. Transcendència socioeconòmica

Del conjunt de processos dinàmics que poden motivar situacions de risc geològic, probablement el derivat de les inestabilitats volumètriques dels sòls argilosos és el menys evident. El seu caràcter no catastròfic i el llarg període de temps que a vegades triga a desenvolupar-se, fins i tot decennis, fan que sovint no es prenguin amb la importància que es mereixen (Salinas, 1988). El títol del ja clàssic treball *Argiles expansives: el desastre ocult*, de Jones & Holtz (1973), sintetitza aquesta situació.

Les pressions que poden desenvolupar els sòls expansibles arriben a superar els 10 kg/cm² (Ayala *et al.*, 1985), encara que en general són molt més reduïdes. Els increments de volum arriben a valors de fins al 10% i en condicions experimentals se superen àmpliament. Tot i que es poden produir moviments diferencials superiors a 10 cm, n'hi ha prou amb inestabilitats molt més moderades per causar danys substancials si no s'han pres mesures preventives i/o correctores.

En aquest context, els problemes constructius derivats de l'expansibilitat dels sòls poden ser importants i afecten un gran nombre de països (Gromko, 1974). En el cas, per exemple, de determinades zones de Jordània, més del 40% dels edificis estan fortament danysats per l'inflament de sòls expansibles; als Estats Units, i per aquest motiu, es preveuen pèrdues econòmiques per a l'any 2000 de l'ordre de 1.000 milions de dòlars (Wiggins *et al.*, 1978; Jones, 1981). Tot i que a Espanya no hi ha estadístiques detallades sobre l'abast econòmic dels danys per expansibilitat, després d'una anàlisi de casos aïllats i considerant les pèrdues econòmiques d'altres països no és aventurat donar xifres mínimes de 5.000 milions de pessetes l'any (Salinas, 1988; González de Vallejo, 1988).

A Catalunya tampoc no es diposa de cap valoració precisa de danys. En el cas, per exemple, de la comarca del Vallès Occidental, els antecedents ens menen a opinar que les pèrdues ocasionades per l'acció de les argiles expansives referides a danys en edificacions i en l'estabilitat de talussos són de l'ordre de centenars de milions de pessetes (Linares, 1990; Zarroca, 1994).

Els problemes constructius derivats de l'expansibilitat dels sòls poden ser importants, i afecten un gran nombre de països

3. La inestabilitat volumètrica de les argiles expansibles

3.1. Generalitats

Qualsevol tipus de sòl experimenta canvis de volum en originar-se una variació de la pressió efectiva entre les seves partícules, tant si és deguda a canvis d'humitat com a variacions de la pressió total que actua sobre el sòl.

Tot i que determinats sòls i roques poden experimentar canvis de volum derivats d'una descompressió o de modificacions mineralògiques o texturals (fenòmens de meteorització física i/o química), l'expansibilitat fa referència habitualment a la propietat d'alguns components argilosos dels sòls, sobretot els montmoril·lonítics, de modificar la seva estructura laminar per adsorció de molècules polars. No solament pot produir-se un inflament del sòl, sinó, evidentment, retracció, si té lloc una aproximació de les partícules d'argila per dessecació.

Així doncs, en aquest terme d'expansibilitat s'engloben els sòls argilosos, que poden desenvolupar variacions volumètriques o, si aquest canvi els és impedit, generar pressions prou acusades per produir efectes perjudicials en les obres construïdes al damunt seu, si no es prenen precaucions especials (Nilson i Miller, 1992). El problema bàsic rau en el fet constatat que, en el cas dels sòls expansibles, les deformacions que poden experimentar són notòriament superiors a les deformacions elàstiques i, per tant, no es poden preveure mitjançant les teories elàstiques o plàstiques clàssiques.

3.2. Manifestació de l'expansibilitat

La capacitat expansiva d'un sòl depèn estretament de la seva naturalesa mineralògica, que haurà de ser argilosa en proporció significativa. Per aquest motiu s'utilitza habitualment el terme d'argiles expansives com a substitutiu de sòls expansibles, ja que són els components argilosos del sòl els que poden desenvolupar expansibilitat (Ayala *et al.*, 1985). De la mineralogia, volum i organització textural resultarà la seva capacitat intrínseca d'experimentar canvis de volum; i la composició, percentatge d'argila, grau de compactació i textura globals determinaran l'expansibilitat del sòl.

Perquè un sòl tingui expansibilitat cal que pugui experimentar canvis d'humitat i, per fer-ho, són necessàries determinades condicions mediambientals, vinculades bàsicament al clima, però també relacionades amb la posició del nivell freàtic, vegetació, profunditat, estructura del sòl i posició estratigràfica. Les modificacions de l'entorn natural provocades per l'activitat antròpica, especialment pel que fa a les condicions d'admissió i eliminació d'aigua, sovint acostumen a ser la causa extrínseca que desencadena el procés expansiu.

Per tant, en realitat, els canvis de volum es produeixen com a conseqüència de les variacions en els estats tensionals del sòl, tant

En el terme d'expansibilitat s'engloben els sòls argilosos, que poden generar pressions prou acusades per produir efectes perjudicials en les obres construïdes al damunt seu

Les deformacions que experimenten les argiles expansives s'han de preveure per evitar danys posteriors.
(Foto: Arxiu UdG)



externs com interns. Els externs es consideren com a resultants de la pressió total aplicada i els interns com la succió o pressió equivalent de l'aigua intersticial, normalment negativa en el cas dels sòls no saturats.

3.3. Mecanismes d'expansió

En la literatura tècnica especialitzada s'han presentat diversos mecanismes per explicar l'inflament de les argiles, els quals poden participar en diferents graus en el procés d'expansió. Les conclusions que es poden obtenir de l'estat actual del coneixement del sistema aigua-argila indiquen que el canvi de volum de les argiles expansives s'ha d'interpretar com a causat per una combinació de diversos mecanismes fisicoquímics fonamentals dependents els uns dels altres, els quals actuen en el nivell microescalar. Es tracta concretament de l'atracció de les partícules d'argila, de la repulsió osmòtica i de la hidratació de cations (Snethen *et al.*, 1977). Tots aquests mecanismes, actuant conjuntament, determinen l'afinitat del sòl per l'aigua, que pot ser quantificada acotant la succió, és a dir, el dèficit de la pressió de l'aigua existent en el sòl respecte de l'atmosfèrica.

3.4. Factors que influeixen en l'expansió

Un bon nombre de publicacions han aconseguit enumerar, definir i analitzar els factors que afecten o determinen les característiques del comportament dels sòls expansibles (Holtz i Gibbs, 1956; Escario, 1965 i 1969; Kassiff i Baker, 1971; Gromko, 1974, i Elsohby i Rabba, 1981, entre molts altres). En molts casos, es van fer intents d'aïllar-los individualment i explicar el comportament a partir d'un de sol o d'una combinació de les contribucions de diversos factors. No obstant això, tant en les situacions de laboratori com en les de camp, el comportament real és una funció complexa en què cal considerar els diversos factors implicats.

Les variables principals que afecten l'expansió es poden dividir en tres grups. El primer concerneix les propietats intrínseques de les partícules i les condicions de la massa del sòl, com ara tipus de minerals argilosos, contingut en argila, densitat seca i contingut d'humitat. El segon es refereix a les propietats del fluid dels porus, com són la composició electroquímica de l'aigua i la interacció aigua-argila. I el tercer representa les condicions mediamambientals, ja sigui al camp o al laboratori. En aquest darrer grup es troben factors com la història geològica del dipòsit o el registre de pressions aplicades; la temperatura i la disponibilitat d'aigua.

En síntesi, es tracta, com apunten alguns autors (Ayala *et al.*, 1985), de factors intrínsecs i extrínsecs vinculats a l'expansibilitat. Entre aquests últims, responsables dels canvis necessaris perquè es manifesti el potencial expansiu del sòl, les variacions en contingut d'aigua en els primers metres acostumen a ser el desencadenant del procés. En aquesta zona superficial, no saturada, coneguda amb el terme de zona o capa activa, el volum d'aigua present fluctua d'acord amb el caràcter estacional de les variacions climàtiques.

La forma del perfil dinàmic del sòl depèn principalment de la disponibilitat d'aigua superficial, de l'evapotranspiració, de la difusivitat i de la posició del nivell freàtic (Sullivan i Mc Clelland, 1969). El terme "difusivitat" equival al de "permeabilitat", si bé es refereix a un gradient de succió. El sòl dessecat té una difusivitat escassa, perquè els seus porus estan molt comprimits. Així, partint de consideracions teòriques, les variacions estacionals no haurien de penetrar més que fins a una profunditat molt limitada. A la península Ibèrica aquesta profunditat, segons els càlculs teòrics, no sobrepassa els 1,5 m.

Tanmateix, a la pràctica, la profunditat o gruix de la zona activa és superior precisament en les argiles expansibles, encara que són justament les més impermeables. Això és degut al fet que, en contraure's, les argiles s'esquerden, i no només en sentit vertical, sinó també horitzontal, de manera que la superfície queda totalment quartejada i fragmentada en blocs. Aquesta estructura es renova cada nou cicle estacional. L'esquerdament genera una macroporositat en termes hidrogeològics que afavoreix que l'evaporació actuï en el terreny fins a una profunditat major que la que resulta teòricament. Amb tot, la profunditat de la zona activa és basant limitada, de manera que no sol sobrepassar els 4 m.

4. Identificació geotècnica de sòls expansibles

4.1. Potencial d'expansió

La mesura de la capacitat d'inflament s'anomena usualment potencial d'expansió.

Holtz (1959) defineix el potencial d'expansió com la deformació d'una mostra inalterada, en passar de l'estat sec a l'aire al saturat, sota una sobrecàrrega de $0,07 \text{ kg/cm}^2$. Tanmateix, Seed (*et al.*,

En el terme d'expansibilitat s'inclouen els dos argils

El canvi de volum de les argiles expansibles és causat per una combinació de mecanismes fisicoquímics fonamentals, dependents els uns dels altres

1962) defineix el potencial d'expansió com la deformació (inflatament) d'una mostra remodelada, amb contingut d'humitat òptim i densitat seca màxima, sota una sobrecàrrega de 0,31 kg/cm². Les sobrecàrregues emprades, tot i que varien des de zero fins a 0,5 kg/cm², usualment són de 0,07 kg/cm² o 0,1 kg/cm².

4.2. Assajos per a la identificació i classificació dels sòls expansibles

La identificació i classificació dels sòls expansibles té com a propòsit principal la caracterització qualitativa del canvi potencial de volum dels terrenys que se sospita que poden presentar problemes d'expansibilitat. Aquesta caracterització, d'una banda, serveix per prevenir el tècnic o enginyer projectista, durant les etapes preliminars de planificació, sobre els problemes potencials d'aquests sòls, i, d'altra banda, subministra la informació necessària per decidir sobre la necessitat real d'assajos addicionals, fent servir tècniques quantitatives de predicció.

Els mètodes o tècniques d'assaig utilitzats per a la identificació i classificació dels sòls expansibles són bastant variats i nombrosos, i és possible dividir-los en tres categories: indirectes, directes i combinats.

- Els indirectes consisteixen en la mesura d'una o més propietats intrínseques del material, complementades amb l'experiència disponible sobre el canvi de volum potencial.
- Els directes són els que utilitzen mesures de canvi de volum, emprant per a aquest objectiu un aparell del tipus edomètric convencional.
- Els combinades són aquells en què es correlacionen dades de tècniques directes i indirectes per proporcionar millors grups de classificació en relació amb la magnitud del canvi de volum. Permeten desenvolupar mètodes d'estimació quantitativa que subministren una primera idea de la magnitud de la inestabilitat volumètrica.

4.3. Assajos per a la quantificació de les característiques d'expansió

Hi ha diversos assajos destinats a quantificar el percentatge d'inflament i la pressió d'inflament. A efectes d'estudi i anàlisi, es poden subdividir en dos grans grups: assajos d'inundació i assajos de succió controlada.

- Els primers són realitzats a partir d'equips edomètrics convencionals. Presenten l'inconvenient que imposen al sòl unes condicions límits, quant a la seva inundació total. A més, en les mostres molt consolidades, l'accés d'aigua al seu interior pot demorar-se fins i tot alguns mesos, fet pel qual no arriben a desenvolupar tot el seu potencial expansiu en el temps usual d'assaig.
- Els segons, mitjançant equips edomètrics de succió controlada, quantifiquen la magnitud del potencial expansiu del sòl. En aquest cas, es mesura l'inflament en funció del valor de succió i , per tant, s'obtenen resultats més propers a la realitat (Pousada, 1984).

La identificació i classificació dels sòls expansibles serveix per prevenir el tècnic o enginyer projectista durant la planificació de l'obra, i subministra la informació necessària per decidir sobre la necessitat d'assajos addicionals

5. Dades preliminars de l'abast del fenomen a les comarques gironines

Dins les terres gironines es té constància de l'existència d'argiles expansibles en àmbits geogràfics molt diversos. Així, apareixen a les zones de Palau i Montilivi, a la rodalia de la ciutat de Girona; a la Vall d'en Bas; a l'entorn de Breda; a la zona de la Bisbal; entre els municipis de Quart i Fornells; als sectors litorals de les planes empordaneses; a l'est de Peralada i als voltants de Banyoles, entre altres llocs.

En general, corresponen a formacions superficials genèticament associades a processos fluviotorrencials, a mecanismes de meteorització *in situ* i a ambients lacustres i palustres.

Les dades fins ara disponibles, relatives a la composició mineralògica de la fracció argilosa, a les característiques fisicoquímiques, a les propietats índex (límits d'Atterberg i activitat de l'argila, principalment) i a les proves Lambe i CBR, indiquen que es tracta de sòls amb un grau d'expansibilitat qualificable com de moderat-alt. Tanmateix, cal precisar de nou que perquè aquest potencial s'arribi realment a desenvolupar cal que hi actuïn, de manera concomitant, altres factors. Tot seguit s'analitzen alguns casos il·lustratius d'aquesta situació.

A la zona volcànica de la Garrotxa s'han reconegut sòls amb continguts significatius de fracció argilosa de tipus expansiu, concretament montmoril·lonítica, i, en canvi, la seva capacitat d'inflament –avaluada mitjançant proves edomètriques– ha resultat ser pràcticament nul·la. Aquesta circumstància, equiparable amb la detectada per González de Vallejo (1979; a Ayala *et al.*, 1985), per a sòls de característiques similars procedents de La Laguna (illes Canàries), és explicada per aquest autor a partir de l'existència d'una important porositat residual que limita la capacitat d'inflament.

En determinats sectors propers a la ciutat de Girona, s'han identificat nivells dominantment pelítics que presenten fraccions fines caracteritzades per límits líquids considerablement alts ($w_l > 40$). En canvi, la pressió d'inflament més elevada que s'ha detectat és de l'ordre d'1 kg/cm², amb una quantia d'inflament lliure del 2,15% (fig. 1), valors qualificables de mitjans. Les dades disponibles indiquen que el grau de cimentació del sòl és el factor condicionant principal, ja que, igual com altres factors, el contingut en carbonat de calci s'incrementa en aquelles mostres que presenten una pressió d'inflament més baixa, i a la inversa.

Aquest dos casos posen de manifest que factors qualificables d'intrínsecs –condicions texturals i grau de cimentació del dipòsit– actuen inhibint el procés expansiu.

En altres zones de les comarques gironines, especialment en àrees properes a la línia de costa, l'existència de nivells freàtics molt alts manté els sòls expansibles en condicions, pràcticament constants, de màxima deformació. En aquest context, els problemes identificats es produeixen com a conseqüència de modificacions antrò-

Dins les terres gironines es té constància de l'existència d'argiles expansibles en àmbits geogràfics molt diversos; no obstant això, actualment les àrees en què aquest risc potencial es desenvolupa són molt localitzades

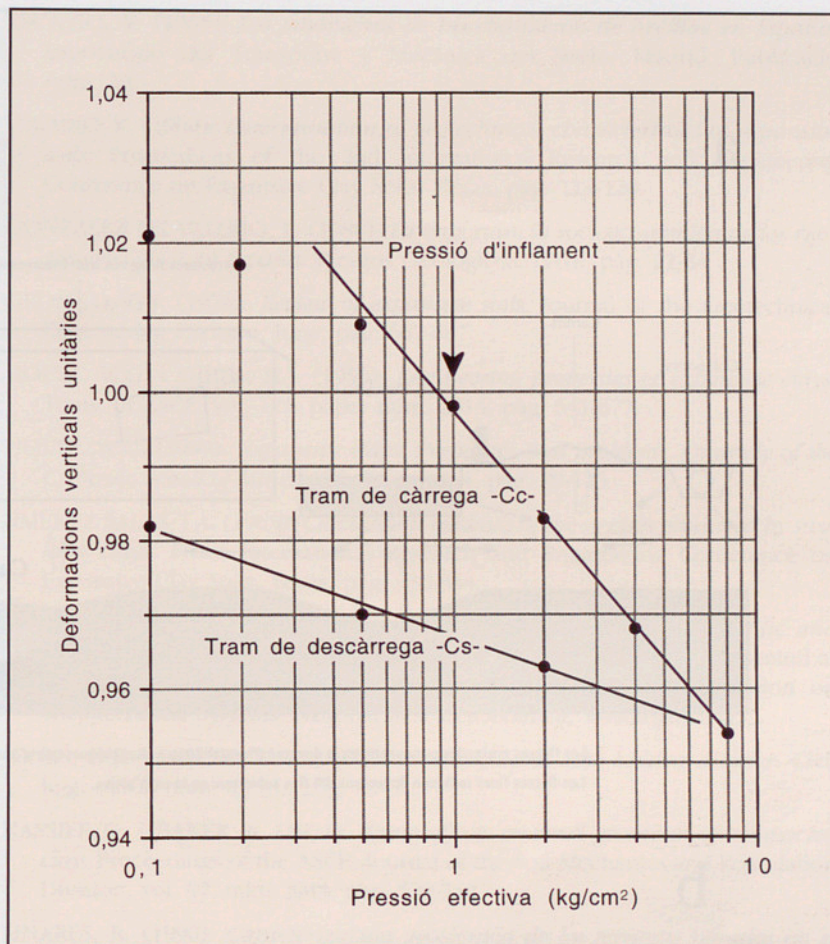


Figura 1.
Assaig de pressió d'inflament i inflament
lliure realitzat amb argiles terciàries de
l'entorn de la ciutat de Girona.
Corba edomètrica.

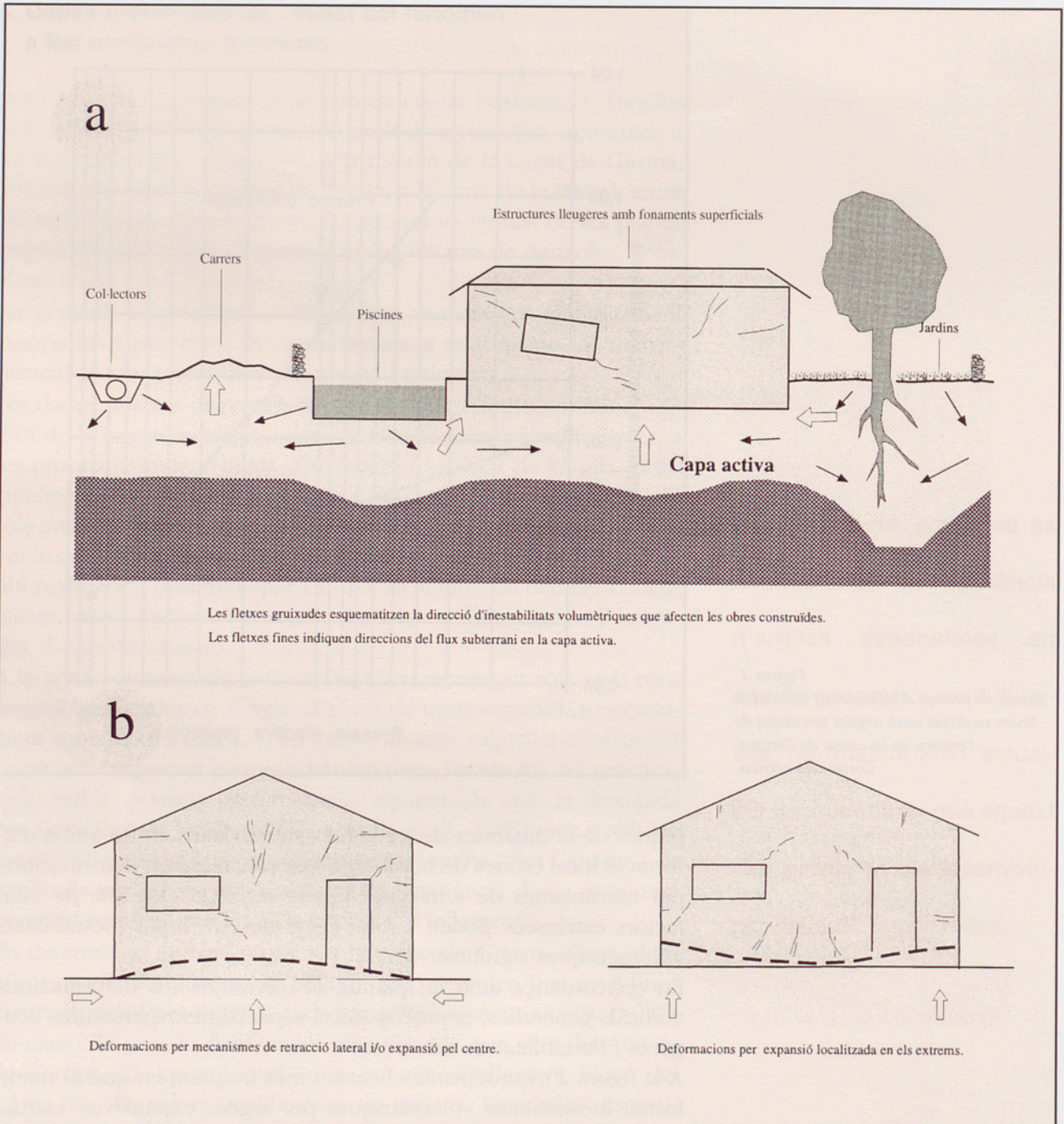
piques de la dinàmica de les aigües subterrànies en un àmbit d'affectació local (zones de bombeig), i es concreten en deformacions per mecanismes de retracció. Aquest seria un exemple de com factors extrínsecs poden inhibir o bé desenvolupar inestabilitats volumètriques significatives.

En concordança amb la quantia de pressions i/o deformacions verticals generades, el procés afecta especialment estructures lleugeres i l'estabilitat de talussos.

A la figura 2 s'esquematitza l'entorn més freqüent en què es manifesten inestabilitats volumètriques per argiles expansives: estructures lleugeres que transmetren càrregues totals inferiors a les pressions d'inflament del sòl expansiu.

En el cas dels processos gravitatoris, els talussos en sòls expansibles acostumen a presentar perfils d'equilibri de només 5 a 10 graus (Rodríguez Ortiz, 1975) i, per tant, són especialment problemàtics.

En resum, doncs, el conjunt de dades fins ara disponibles ens mena a considerar l'existència d'un considerable percentatge de litologies presents a les terres gironines que contenen argiles amb una capacitat expansiva alta. No obstant això, actualment, a causa de factors de caire divers, són molt localitzades les àrees en les quals aquest risc potencial es desenvolupa. De totes



Les fletxes gruixudes esquematitzen la direcció d'instabilitats volumètriques que afecten les obres construïdes.
 Les fletxes fines indiquen direccions del flux subterrani en la capa activa.

Figura 2.

(a) Entorn habitual en què es manifesten inestabilitats volumètriques per l'acció d'argiles expansibles, segons Salinas, 1988, modificat;
 (b) esquema de la distribució d'esquerdes en edificis construïts sobre argiles expansibles, segons Jiménez Salas, 1965.

maneres, i per prevenir-lo, és recomanable un estudi geotècnic previ per identificar-lo, acotar-lo i poder adoptar les mesures preventives escaients.

Bibliografia

AYALA, F.J., FERRER, M., OTEO, C. i SALINAS, J.L. (1985): *Mapa previsor de riscos por expansividad de arcillas en España* a escala 1: 1.000.000. ITGE.
 EL-SOHBY, M.A. i RABBA, E.A. (1981): *Some factors affecting swelling of clayey soil*. Geotechnical Engineering, vol. 12, pàg. 19-39.

- ESCARIO, V. (1965): *Los fenómenos de hinchamiento de arcillas en España*. Laboratorio del Transporte y Mecánica del Suelo. Madrid. Publicació núm. 20.
- ESCARIO V. (1969): *Determination of geotechnical characteristics of expansive soils*. Proceedings of the 2nd International Research and Engineering Conference on Expansive Clay Soils. Texas, pàg. 114-120.
- GONZÁLEZ DE VALLEJO, L. (1988): *La importancia socioeconómica de los riesgos geológicos en España*. Riesgos Geológicos. ITGE, pàg. 21-34.
- GROMKO, G.J. (1974): *Review of expansive soils*. Journal of the Geotechnical Engineering Division, June, pàg. 667-687.
- HOLTZ, W.G. i GIBBS, H.J. (1956): *Engineering properties of expansive clays*. Trans. of ASCE, vol. 121, paper núm. 2814, pàg. 641-677.
- HOLTZ, W.G. (1959): *Expansive clays: Properties and problems*. *Quartely of the Colorado Scholl of Mines*. Vol. 54, núm. 4, pàg. 89-125.
- JIMÉNEZ SALAS, J.A. (1965): *Calculation methods of the stresses produced by swelling clays*. First International Research and Engineering Conference on Expansive Clay Soils. Texas, pàg. 330-344.
- JONES, D.E. (1981): *Perspectives on needs for an availability of scientific and technical information*. Dept. Housin and Urban Development, presented at 1st meeting of Committee on Emergency Management, Commission on Sociotechnical Systems, National Research Council, Washington, D.C.
- JONES, D.E. i HOLTZ, W.G. (1973): *Expansive soils – the hidden disaster*. Civil Eng., ASCE núm. 43 (8), pàg. 49-51.
- KASSIFF, G. i BAKER, R. (1971): *Aging effects on swell potencial of compacted clay*. Proceedings of the ASCE, Journal of the Soil Mechanics and Foundation Division, vol. 97, núm. SM3, pàg. 529-540.
- LINARES, R. (1990): *Caracterización geotécnica de los terrenos situados en el llano de Terrassa y alrededores*. Tesi de llicenciatura. Universitat Autòctona de Barcelona. Treball inèdit.
- NILSON, J. i MILLER, D. (1992): *Expansive soils: problems and practice in foundation and pavement engineering*. Ed. John Wilwy & Sons, Inc. 259 pàg.
- POUSADA, E. (1984): *Deformabilidad de las arcillas expansivas bajo succión controlada*. Cuadernos de Investigación. C8. CEDEX, 274 pàg.
- RODRÍGUEZ ORTIZ, J.M. (1975): *Las arcillas expansivas: su estudio y tratamiento*. Bol. de Inf. del Lab. del Transporte y Mecánica del Suelo, núm. 108, pàg. 3-30. Madrid.
- SALINAS, J.L. (1988): *Riesgos ligados a arcillas expansivas*. Riesgos Geológicos. ITGE, pàg. 295-304.
- SEED, H.B.; MITCHELL, J.K. i CHAN, C.K. (1962): *Prediction of swelling potencial for compacted clays*. Proceedings of the ASCE. Journal of the Soil Mechanics and Foundation Division, vol. 88, núm. SM3, pàg. 53-87.
- SNETHEN, D.R.; JOHNSON, L.D. i PATRICK, D.M. (1977): *An investigation of the natural microescale mechanisms that cause volume change in expansive clays*. Federal Highway Administration, Report No. FHWA-RD-77-55, 285 pàg.
- SULLIVAN, R.A. i Mc CLELLAND, B. (1969): *Predicting heave of buildings on unsaturated clay*, 2nd International Research and Engineering Conference on Expansive Clay Soils. Texas, pàg. 404-420.
- WIGGINS, J.H., SLOSSAN, J.E. i KROHN, J.P. (1978): *Natural hazards: Earthquake, landslide, expansive soils*. J.H. Wiggins Co. report for National Science Foundation under Grants ERP-75-09998 (Oct.) i AEN-74-23993.
- ZARROCA, S. (1994): *Expansividad de las arcillas del Vallès Occidental*. Tesi de llicenciatura. Universitat Autònoma de Barcelona. Treball inèdit.

Els esfondraments per carstificació al terme municipal de Besalú

Carles Roqué

Lluís Pallí

Ignasi Capellà

Rogelio Linares

David Brusi

42

En aquest treball s'analitzen les característiques generals i particulars dels esfondraments per carstificació que es produeixen al terme municipal de Besalú, i s'examinen les diferents dades que permeten establir una primera aproximació cartogràfica del perill existent.

Introducció

El dia 4 de gener de 1995 va aparèixer, de manera sobtada, un forat el·líptic de 3,4 m d'eix llarg i 2,7 m d'eix curt, i de 15 m de profunditat, al carrer Ginesta del barri Grup del Mont de Besalú. Immediatament la premsa es va fer ressò del fenomen i, amb més imaginació que no pas encert, el misteriós orifici va ser batejat amb el nom de "forat negre de Besalú". Com és natural, aquest esfondrament va alertar els veïns de la zona, conscients del perill que suposava per a la seva seguretat i per a la de les seves llars la possibilitat que es formessin altres forats en el futur. La preocupació es va traslladar al Govern local, el qual va demanar a la Generalitat el suport tècnic necessari per solucionar el tema. Els estudis del Servei Geològic de Catalunya (SGC, 1996) van determinar que l'esfondrament s'havia produït pel col·lapse d'una cavitat subterrània formada com a conseqüència de la dissolució de les roques del subsòl. Les mesures correcto-



*Detall del popularment anomenat
"forat negre de Besalú".*

(Foto: Arxiu UdG)



*El 4 de gener de 1995
va aparèixer sobtadament
aquest forat de 15 metres
de profunditat.
(Foto: Arxiu UdG)*

L'aparició de forats en la superfície de camps i boscos i l'existència de clots circulars són prou conegudes pels habitants de la comarca; molts topònims han derivat d'aquestes formes peculiars

res que es van plantejar per evitar nous ensorraments eren fonamentalment dues: disminuir la infiltració d'aigua en el subsòl i localitzar les cavitats subterrànies mitjançant sondatges i tècniques geofísiques.

El procés geològic responsable d'aquest fenomen no és nou ni es dona només al barri Grup de Mont. Del record dels veïns de la contrada es fa palesa la formació d'altres forats en els darrers temps. Així, cap a l'any 1988 va aparèixer un clot pràcticament al mateix lloc, el qual va ser omplert amb graves. A poc més de quatre metres de distància, es va produir un petit esfondrament durant la construcció d'un garatge. Altres ensorraments, de mides reduïdes, van afectar la confluència dels carrers Pla de la Ginesta, Mare de Déu del Mont i el carrer Nou. Finalment, un edifici situat a uns 50 m del forat del carrer Ginesta s'esquerda des de l'any 1992 a causa d'un procés de subsidència lenta del terreny. L'aparició més o menys sobtada de forats en la superfície de camps i boscos és prou coneguda pels habitants de la comarca, com també ho és l'existència de clots circulars de diàmetre mètric a decamètric dels quals a vegades brolla aigua, anomenats bullidors o estanys. Molts topònims han derivat d'aquestes formes peculiars: camp del Pou, clot de la Malanera, camp de l'Olla, camp de l'Estany i estany Rodó, en són alguns exemples propers a Besalú. D'aquestes dades es pot concloure que l'esfondrament del barri Grup del Mont no és un fet fortuït ni aïllat espacialment i temporalment. Ben al contrari, és la manifestació puntual en la superfície del terreny d'un procés geològic actiu des de fa molts mil·lennis, el qual afecta una àmplia extensió de territori que ultrapassa de bon tros els límits del terme de Besalú. L'estany de Banyoles és, sense cap mena de dubte, la mostra més emblemàtica d'aquest procés, que es deixa sentir amb força en el curs mitjà del Fluvià i a les depressions de Banyoles i de Sant Miquel de Campmajor.

La formació de l'estany de Banyoles ha encuriós els científics des dels inicis dels estudis de la geologia de les terres gironines. És per això que els processos d'esfondrament que l'han generat, i que es donen també en altres indrets de les comarques del Pla de l'Estany i de la Garrotxa, són coneguts amb un cert grau de detall des de fa temps i han estat descrits en nombrosos treballs (Vidal Pardal, 1954; Pallí i Trilla, 1979; Julià, 1980; Sanz i Trilla, 1980 i 1982; Sanz, 1983; Brusi *et al.*, 1987, 1990; Brusi, 1993).

Característiques generals dels esfondraments per carstificació

Els esfondraments són moviments de component vertical derivats de col·lapses de cavitats subterrànies situades a fondàries relativament someres, que sovint comporten la formació en la superfície del terreny de forats de geometria circular i de parets verticals, anomenats dolines. La gènesi d'aquestes cavitats, considerant aquí només les que es formen en condicions naturals, va lligada a processos de carstificació, de buidatge del rebliment de cavitats antigues o bé d'arrossegament de partícules fines per circulació d'aigua amb un elevat gradient hidràulic (tubificació o *piping*). En tots els casos es tracta de fenòmens controlats per la litologia i, per això, es localitzen només allà on es troben uns tipus molt concrets de roques.

Els esfondraments per carstificació són els més importants i freqüents. S'entén per carstificació el procés de dissolució d'una roca fissurada com a conseqüència de la circulació d'aigua en el seu interior. El desenvolupament d'aquest fenomen requereix dues condicions necessàries elementals: l'existència de materials solubles i la presència d'aigua. La solubilitat d'una roca és un factor que és determinat per la seva composició mineralògica. Les roques més solubles, en condicions fisicoquímiques normals, són les que contenen minerals dels grups dels halurs (sal gemma, silvina, carnal·lita), carbonats (calcita, dolomita) i sulfats (anhidrita, guix, glauberita). Es tracta, bàsicament, de roques sedimentàries evaporítiques (halitita, silvinita, guix i anhidrita) i carbonàtiques (calcàries, travertins, dolomies i calcarenites), així com altres que deriven de les anteriors a partir de processos sedimentaris (conglomerats i gresos) i metamòrfics (marbres calcaris i dolomítics).

L'aigua penetra a l'interior de la roca a través de les discontinuïtats que aquesta presenta, com ara juntes d'estratificació i de fracturació. L'accés de l'aigua comença amb una infiltració puntual i superficial a través d'aquests plans, els quals es van engrandint progressivament com a conseqüència de la dissolució. Amb el pas del temps, es formen cavitats internes de mides considerables que en col·lapsar poden originar un forat a la superfície del terreny (fig. 1). El ritme de creixement de les cavitats subterrànies és condicionat per diferents factors d'ordre climàtic, hidrològic i litoes-

L'estany de Banyoles és la mostra més emblemàtica dels processos d'esfondrament al Pla de l'Estany i la Garrotxa

Els esfondraments són moviments de component vertical derivats de col·lapses de cavitats subterrànies que sovint comporten la formació de forats en la superfície

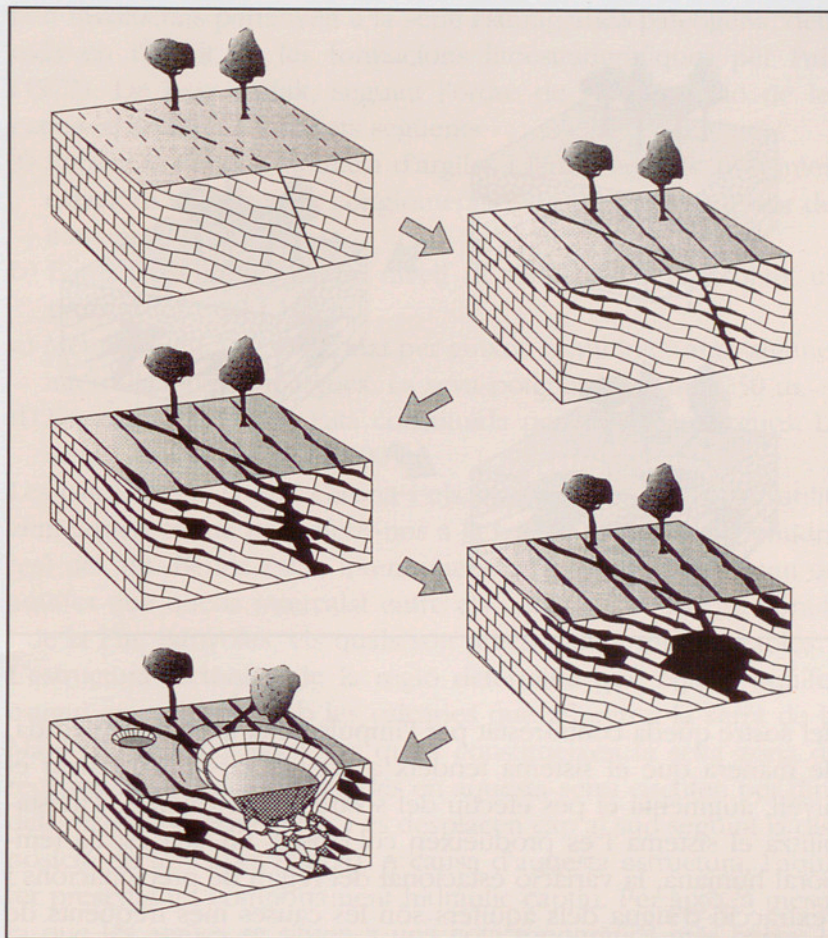


Figura 1.
Esquema evolutiu de la gènesi
d'esfondraments per carstificació.

**S'entén per carstificació el
procés de dissolució d'una
roca fissurada com a conse-
qüència de la circulació
d'aigua en el seu interior**

tructural. En general, és molt ràpid en les roques evaporítiques, ja que contenen halurs i sulfats que es dissolen amb molta facilitat, mentre que és més lent en les roques que estan formades per carbonats. A aquest fet cal afegir-hi la menor resistència de les parets dels forats engendrats en les roques evaporítiques respecte de les carbonàtiques. Tot plegat determina que el perill lligat als esfondraments per carstificació sigui molt elevat en els indrets en què hi ha capes de sals i de guixos en el subsòl, i menys acusat en els que tenen nivells carbonàtics.

El fort control que exerceix la litologia en el procés de carstificació fa que, almenys en teoria, sigui possible establir les àrees potencialment susceptibles de tenir esfondraments. Malauradament, molt sovint les roques solubles es troben colgades sota sediments detrítics sense consolidar que n'impedeixen un reconeixement directe. Aquesta situació, coneguda com a carst subjacent, s'agreuja per l'escassa resistència dels materials que recobreixen el sòcol carstificat, de manera que, quan es produeix un col·lapse, la columna de materials suprajacents s'ensorra quasi instantàniament i es forma un clot a la superfície del terreny (fig. 2).

Les oscil·lacions del nivell freàtic tenen un paper molt important en la generació dels col·lapses (Gutiérrez, 1998). Així, si el nivell se situa per sobre de les cavitats subterrànies, el pes de les roques

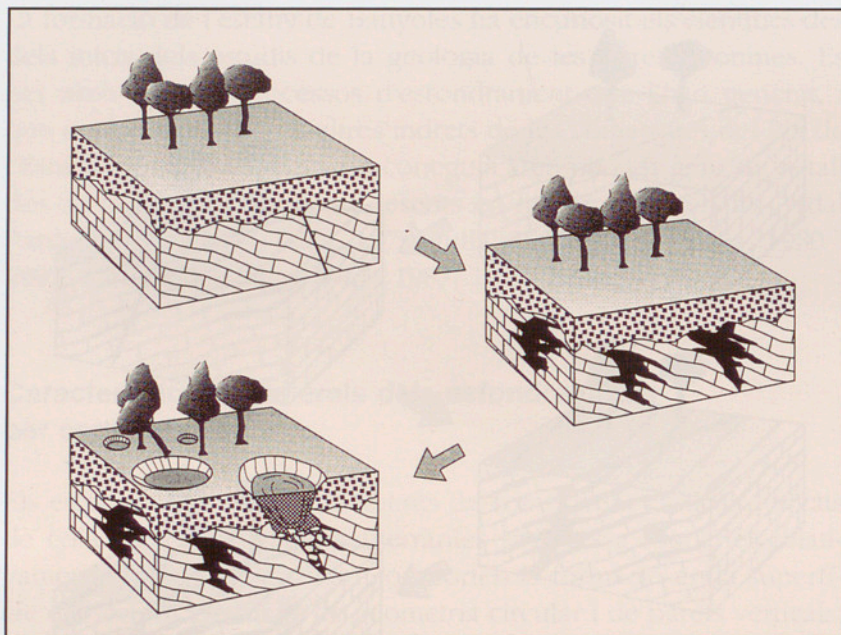


Figura 2.
Formació d'esfondraments deguts a un carst subterráneu.

del sostre queda contrarestat per l'impuls de la massa desplaçada, de manera que el sistema tendeix a estabilitzar-se. En baixar el nivell, augmenta el pes efectiu del sostre de les cavitats, s'inestabilitza el sistema i es produeixen col·lapses. En una escala temporal humana, la variació estacional del règim de precipitacions i l'extracció d'aigua dels aquífers són les causes més freqüents de les oscil·lacions del nivell freàtic, i per extensió, del desencadenament d'esfondraments. D'altra banda, l'addició d'aigua des de la superfície (procedent de les precipitacions, del regadiu i de les fuites en els embassaments i en les xarxes de conducció d'aigua potable i de clavegueram) determina, sempre que el nivell freàtic es mantingui per sota del límit superior de les cavitats, un increment del pes del seu sostre, fet que comporta també la inestabilització del sistema i la gènesi de col·lapses. Altres factors que contribueixen a la formació d'esfondraments són la construcció de grans edificis, que fan augmentar la càrrega sobre els forats, i les vibracions del terreny, tant naturals com antròpiques.

Els materials fins que omplen les dolines generades per l'ensorrament de les cavitats poden ser arrossegats per l'aigua subterránea. Aquesta acció erosiva pot comportar un descens lent del nivell del terreny (subsidiència) o bé la gènesi de nous col·lapses sobtats, recurrents en l'espai.

Els esfondraments de l'entorn de Besalú

El procés de formació de cavitats subterránies, en el context territorial de les comarques de la Garrotxa i del Pla de l'Estany, va lligat a una dinàmica hidrogeològica peculiar, controlada per la litologia i l'estructura tectònica de la zona. Els materials que s'hi tro-

El fort control que exerceix la litologia en el procés de carstificació fa que en teoria sigui possible establir les àrees susceptibles de patir esfondraments

Molt sovint, les roques solubles estan colgades sota sediments detrítics que n'impedeixen un reconeixement directe: això és anomenat carst subjacent

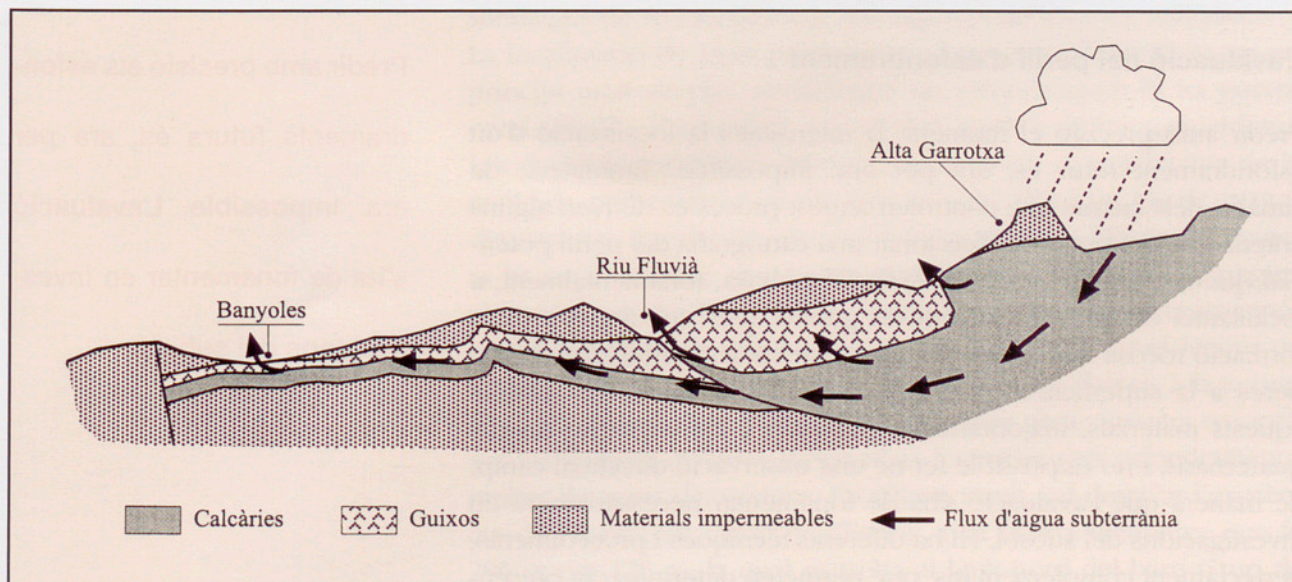
ben involucrats pertanyen a la sèrie estratigràfica paleògena, definida en l'àmbit de les formacions litoestratigràfiques per Pallí (1972). De baix a dalt, seguint l'ordre de sedimentació de les capes, apareixen les unitats següents:

- Formació Pontils. Es tracta d'argiles i llims vermells amb intercalacions de capes de conglomerats i de gresos. L'espessor del conjunt és d'uns 180 m.
- Formació Girona. És un nivell de calcàries que assoleix un gruix d'entre 90 i 170 m.
- Membre Beuda. Està format per guixos i anhidrites amb algunes intercalacions de margues. La seva potència és d'uns 250 m.
- Formació Banyoles. Està constituïda per argiles i margues. La seva espessor és d'uns 400 m.

Les calcàries de la Fm. Girona i els guixos (d'ara endavant utilitzem aquest terme per referir-nos a la barreja de guixos i anhidrites) del Mb. Beuda estan intensament carstificats i conformen un aqüífer que queda intercalat entre els materials de la Fm. Pontils i de la Fm. Banyoles, els quals són pràcticament impermeables.

L'estructura tectònica de la regió determina que aquest aqüífer estigui en contacte amb les calcàries que afloren a la serra de la Mare de Déu del Mont, les quals constitueixen la seva zona de recàrrega. Les aigües infiltrades en aquesta serra circulen per dins dels materials permeables, i es desplacen cap al sud seguint la disposició de les capes (fig. 3). A causa d'aquesta estructura, l'aqüífer presenta un comportament hidràulic captiu. Per això, a mesura que les aigües se situen a una cota topogràfica més baixa, la seva pressió augmenta. El fet que les aigües de l'aqüífer estiguin sotmeses a una pressió més elevada que l'atmosfèrica té dues conseqüències importants. D'una banda, comporta una dissolució més ràpida de les calcàries i dels guixos. De l'altra, provoca una tendència ascendent en les aigües que aprofiten les discontinuïtats tectòniques i els nivells subaflorants de calcàries i de guixos

Figura 3.
Esquema del funcionament hidrològic del sistema aqüífer de Banyoles - Besalú, segons Sanz, 1983 (modificat).



per pujar cap a la superfície. Així, la important fractura orientada d'est a oest sobre la qual s'ha establert el curs mitjà del riu Fluvià és el primer accident tectònic que permet la sortida a l'exterior d'aigües de l'aqüífer. Les altres zones de desguàs del sistema se situen a les depressions de Banyoles i de Sant Miquel de Campmajor. És justament en aquests tres indrets on es desenvolupen els processos d'esfondrament, atès que s'hi formen cavitats subterrànies a escassa profunditat, les quals poden engrandir-se amb una certa rapidesa per la forta carstificació induïda per la pressió de les aigües. A vegades, la sobrepressió de l'aqüífer fa que les aigües brollin dins de les dolines que es van formant com a conseqüència dels col·lapses i es converteixen en estanyols intermitents.

En detall, l'estructura tectònica del curs mitjà del Fluvià és més complexa del que s'ha plantejat d'antuvi. De fet, el sòcol eocènic del terme municipal de Besalú està constituït per diverses faixes de guixos que s'intercalen entre les margues de la Fm. Banyoles. Aquestes làmines s'inclinen moderadament cap al nord i es disposen orientades d'est a oest. Probablement corresponen a fractures secundàries, paral·leles a la principal, situada pràcticament sota el curs del riu Fluvià. La carstificació dels nivells de guixos queda palesa per l'existència d'avencs i coves modelats en aquests materials. La cova de la Musquera de Beuda, de 710 m de recorregut, n'és l'exemple més notable. El substrat eocènic està recobert, quasi totalment, per diferents tipus de dipòsits al·luvials i col·luvials quaternaris que, llevat d'algunes excepcions, presenten un grau de consolidació baix o nul (Pallí *et al.*, 1997) (fig. 4). Així, els esfondraments de Besalú són deguts a un carst subjacent, instal·lat en els nivells de guixos subaflorants. En aquestes condicions, el col·lapse de les cavitats pròximes a la superfície comporta l'ensorrament instantani de la columna de materials suprajacentes i la formació d'una dolina a l'exterior.

L'avaluació del perill d'esfondrament

Predir amb precisió el moment, la intensitat i la localització d'un esfondrament futur és, ara per ara, impossible. Tanmateix, de l'anàlisi dels factors que controlen aquest procés es deriven alguns criteris que permeten confeccionar una cartografia del perill potencial que suposa. La predicció espacial es basa, fonamentalment, a localitzar i delimitar arealment els guixos, atès que aquesta és la formació rocosa susceptible de presentar cavitats subterrànies properes a la superfície del terreny. El problema rau en el fet que aquests materials, majoritàriament, estan recoberts per sediments quaternaris, i no és possible fer-ne una observació directa al camp, de manera que l'avaluació s'ha de fonamentar necessàriament en investigacions del subsòl. Hi ha diferents tècniques i procediments, perfectament complementaris, que permeten determinar la presen-

Els esfondraments de Besalú són deguts a un carst subjacent, instal·lat en els nivells de guixos subaflorants

Predir amb precisió els esfondraments futurs és, ara per ara, impossible. L'avaluació s'ha de fonamentar en investigacions del subsòl

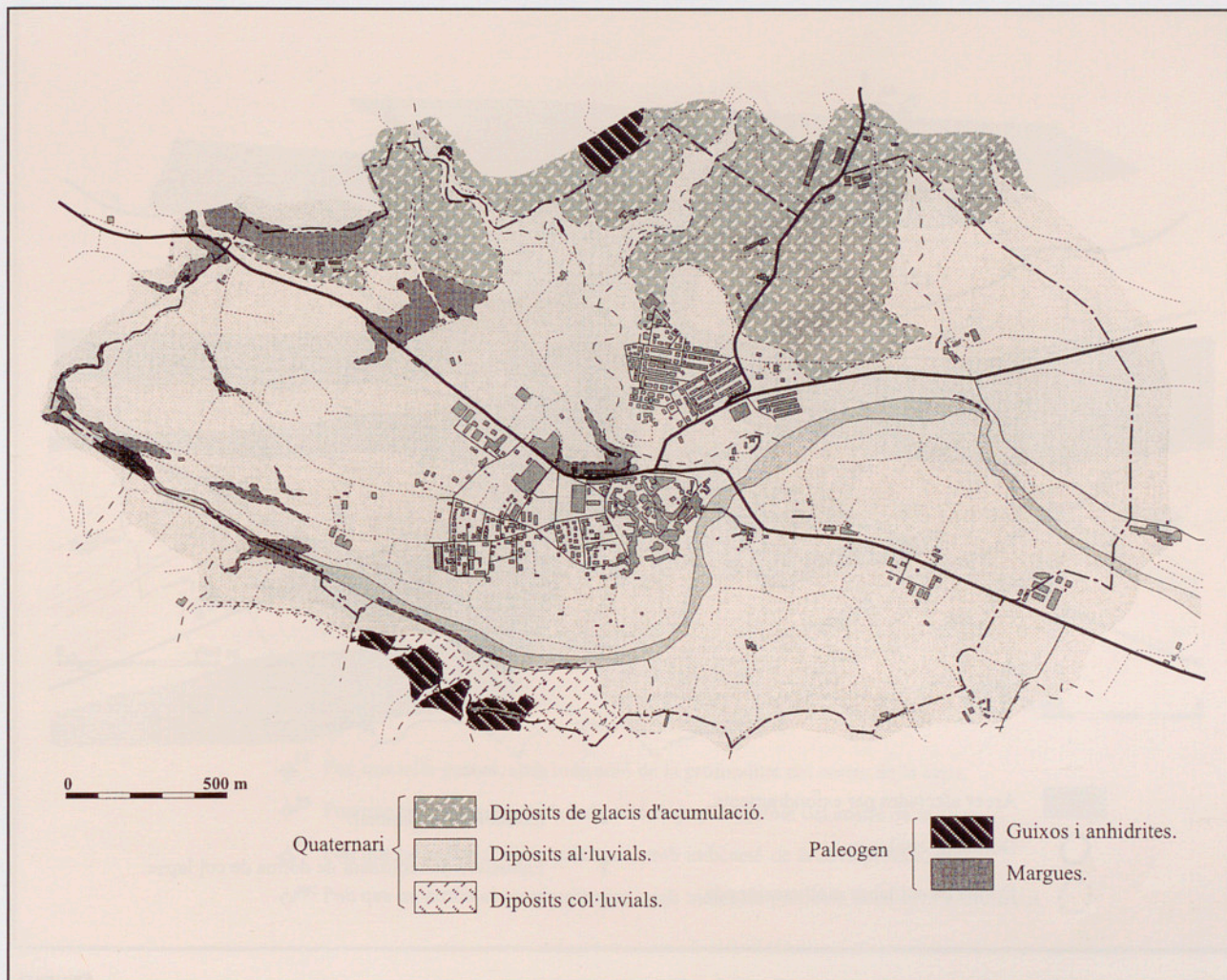


Figura 4.
Mapa geològic del terme municipal de
Besalú, segons Pallí et al., 1997
(simplificat).

cia de guixos sota les formacions quaternàries. La localització d'esfondraments antics, la recopilació de columnes de materials de pous, la prospecció amb tècniques geofísiques i la realització de sondatges de reconeixement són algunes de les més utilitzades. La localització de clots produïts en el passat es fonamenta en un principi molt simple: on hi hagut un esfondrament hi ha guixos en el subsòl i, lògicament, se'n poden produir de nous en el futur. Les dades històriques i, sobretot, la memòria dels habitants de la contrada permeten situar els més recents, fins i tot els de petites dimensions, que sovint són ràpidament reblerts. D'aquesta manera ha estat possible situar amb exactitud els cinc forats apareguts al barri Grup del Mont en els darrers 20 anys. Els col·lapses més antics, aquells dels quals ja no queda constància en el record de la gent, es poden localitzar per les dolines que deixen a la superfície del terreny. Així, l'anàlisi de fotografies aèries permet reconèixer les típiques clotades subcirculars formades pels esfondraments, moltes de grans dimensions. En aquest sentit, cal destacar l'existència de l'anomenat camp de l'Estany, una dolina complexa que fa 280 m per 170 m, la qual es troba al límit nord del barri Grup de

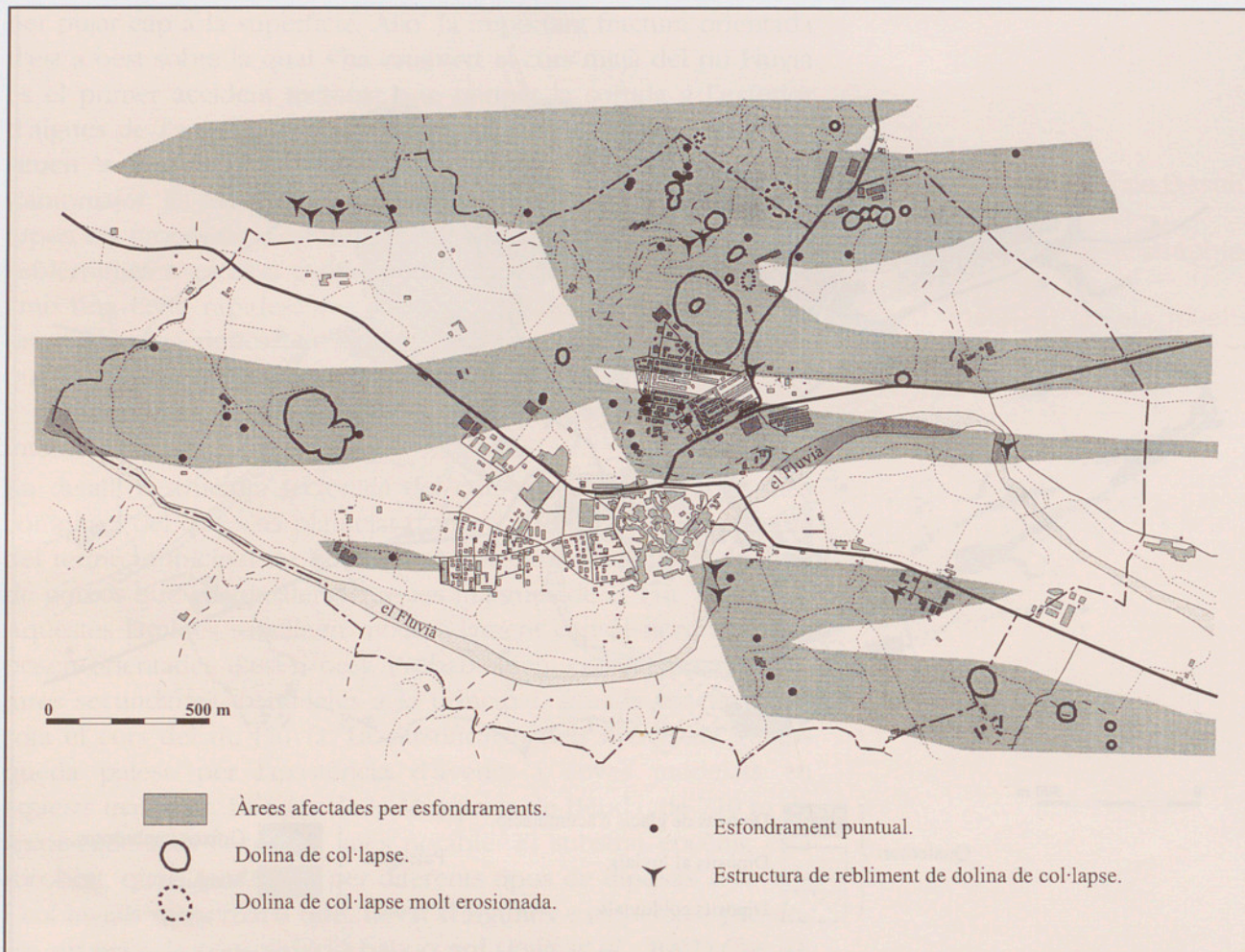


Figura 5.
Distribució dels esfondraments localitzats
al terme municipal de Besalú,
segons Pallí et al., 1997 (modificat).

Mont. El reconeixement directe al camp fa possible la identificació de clots més petits, que sovint són inapreciables en un estudi fotogeològic perquè es troben al mig de les masses boscoses. Finalment, la presència d'estructures en forma d'U en les seccions dels sediments quaternaris fa palesa l'existència de forats reblerts i, per extensió, l'existència de guixos en el subsòl. Combinant les diferents dades obtingudes es poden arribar a delimitar les àrees que han estat afectades per processos d'esfondrament (fig. 5). S'observa clarament que els esfondraments localitzats tendeixen a formar alineacions orientades d'est a oest. Lògicament, a causa del fort control imposat per la litologia en aquest procés, cal esperar que coincideixin amb les làmines de guixos que hi ha intercalades entre les margues. Cal destacar la presència d'una important estructura tectònica que creua el terme de Besalú de nord-nord-oest a sud-sud-est, la qual disloca la disposició original de les roques del subsòl.

El registre dels materials travessats en les perforacions de pous permet conèixer la natura i la distribució de les diferents formacions rocalloses en profunditat. Així, d'una banda es pot constatar l'existència de guixos sota les àrees en què han estat localit-

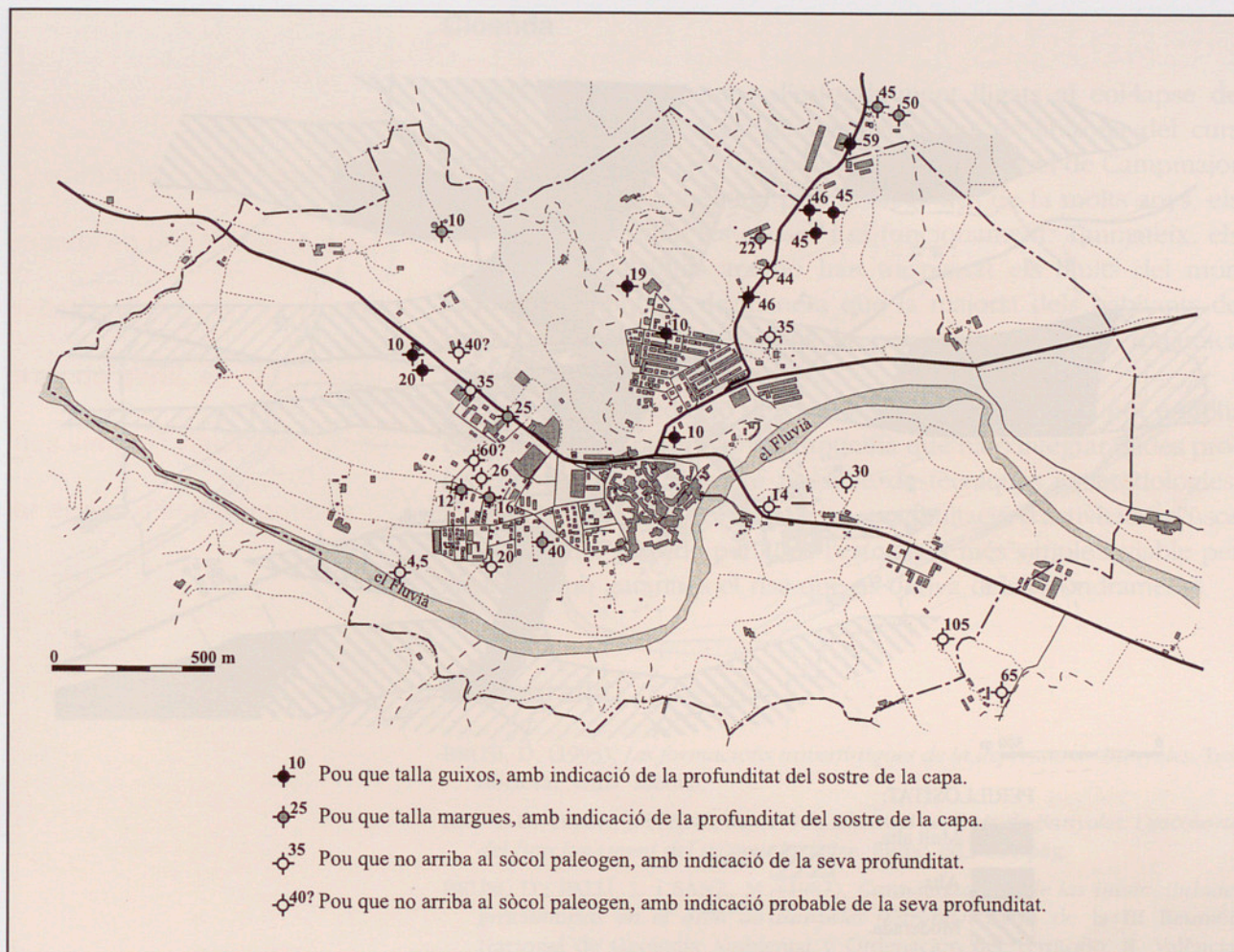


Figura 6.
Localització de pous de Besalú,
amb indicació dels
materials travessats.

zats els esfondraments i, d'altra banda, es poden delimitar les zones que es recolzen damunt un sòcol margós i que, per tant, no presenten perill. Aquestes dades són facilitades directament pels propietaris de les captacions i pels seus constructors, o bé a través dels registres existents en organismes oficials. Encara que sovint les dades obtingudes tenen una repartició superficial heterogènia, i que moltes de les perforacions no arriben a afectar la base dels dipòsits quaternaris, en conjunt constitueixen una font d'informació molt valuosa (fig. 6).

Amb les dades indirectes de què es disposa, derivades únicament de la localització d'esfondraments i de la informació aportada pels pous, juntament amb la delimitació dels escassos afloraments superficials de les formacions paleògenes, es pot realitzar una primera aproximació cartogràfica del perill existent (fig. 7). En aquest sentit, s'ha establert una escala de perillositat de cinc graus, basada en la quantitat i en l'activitat dels esfondraments, i en la certesa de l'existència de guixos propers a la superfície:

– Molt alta: elevada concentració d'esfondraments; constància d'activitat recent.

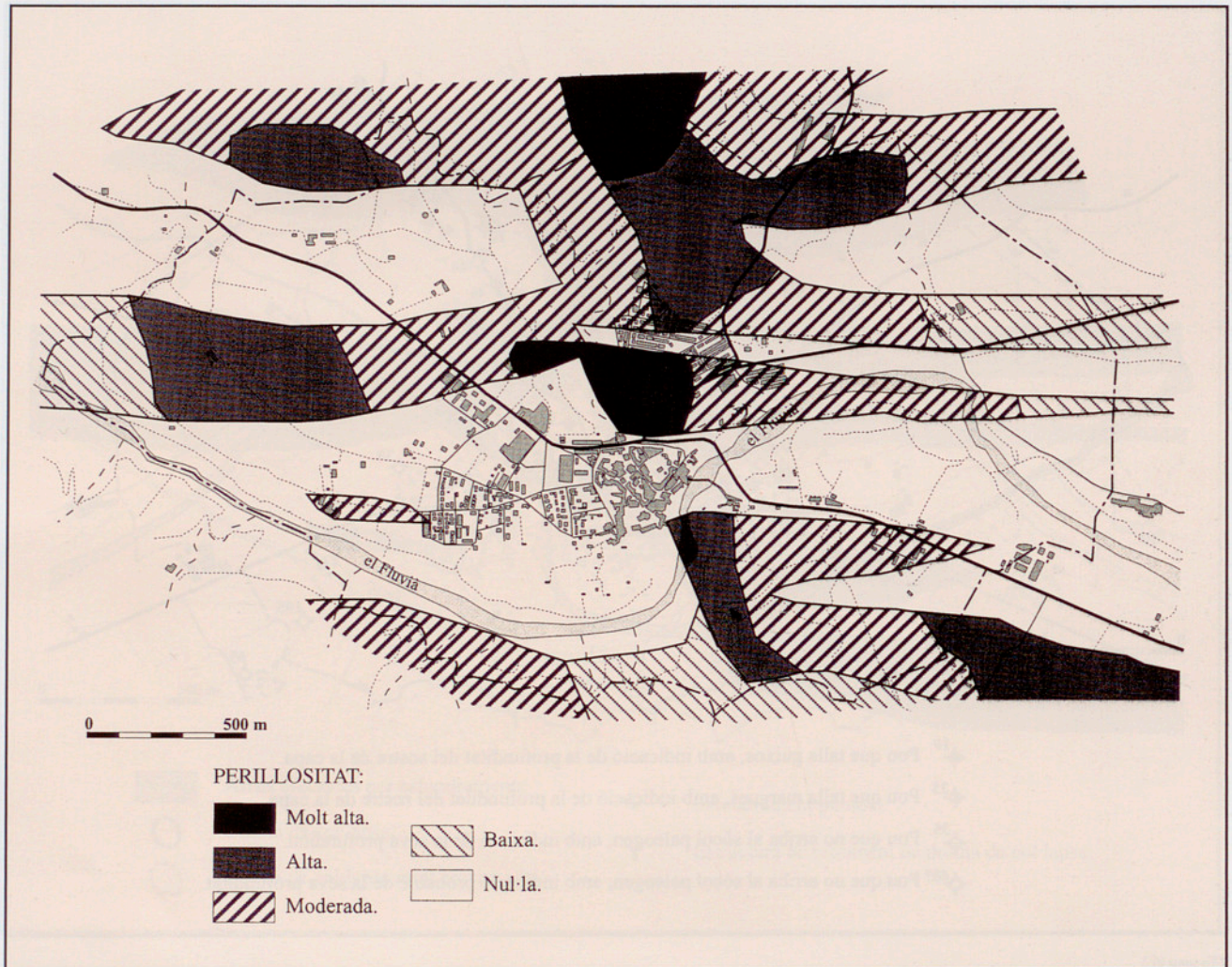


Figura 7.
Cartografia del perill d'esfondrament a l'entorn de Besalú.

- Alta: elevada concentració d'esfondraments; sense constància d'activitat recent.
- Moderada: presència d'esfondraments aïllats; certesa de l'existència de guixos.
- Baixa: inexistència d'esfondraments; probable existència de guixos.
- Nul·la: inexistència de guixos.

En aquest mapa es posa de manifest l'existència de dues àrees amb un grau de perillositat molt alt, en les quals els processos d'esfondraments són manifestament actius actualment. L'un es localitza a l'entorn del camp del Pou i l'altre coincideix amb el barri Grup de Mont.

Naturalment, per a una avaluació més detallada del perill caldria completar la informació recopilada amb campanyes de prospecció geofísica, les quals, mitjançant diferents tècniques, farien possible la localització de guixos en profunditat i, fins i tot, de les cavitats existents en el subsòl. Finalment, la realització de sondatges de reconeixement permetria validar els resultats derivats de la geofísica.

L'ordenació del territori, basada en una limitació d'activitats i d'usos en funció del grau de perill, és l'estratègia més simple i viable per afrontar el risc d'esfondraments

Cloenda

L'existència de processos d'esfondrament lligats al col·lapse de cavitats càrstiques en els guixos paleògens de la zona del curs mitjà del Fluvià i de les depressions de Sant Miquel de Campmajor i de Banyoles és coneguda pels geòlegs des de fa molts anys, els quals n'han estudiat les causes i el funcionament. Tanmateix, els treballs realitzats fins ara no han traspassat els límits del món acadèmic i científic, de manera que la majoria dels habitants de les àrees afectades desconeix la presència d'aquesta dinàmica geològica i el perill que suposa.

Ara per ara, la predicció dels esfondraments només es pot establir espacialment, a partir d'una cartografia que ha d'integrar dades procedents del major nombre possible de tècniques i metodologies. L'ordenació del territori, basada en una limitació d'activitats i d'usos en funció del grau de perill, és l'estratègia més simple i viable per afrontar amb garanties el risc que es deriva dels esfondraments.

Bibliografia

- BRUSI, D. (1993), *Les formacions travertíniques de la depressió de Banyoles*. Tesi doctoral, UAB. Inèdita.
- BRUSI, D.; BACH, J. i SANZ, M. (1990), *Itinerari geològic de Banyoles. Descoberta del funcionament del sistema lacustre*. Eumo Ed., 124 pàg.
- BRUSI, D.; PALLÍ, L. i SANZ, M. (1987), *Caracterización de las inestabilidades gravitatorias en el área de Banyoles (Girona)*. Actas de la III Reunión Nacional de Geología Ambiental y Ordenación del Territorio, II, València, pàg. 1021-1034.
- GUTIÉRREZ, F. (1998), *Subsidencia por colapso en un karst aluvial. Análisis de estabilidad*. Dins: A. GÓMEZ ORTIZ i F. SALVADOR FRANCH (ed.): *Investigaciones recientes de la geomorfología española*, pàg. 47-58.
- JULIÀ, R. (1980), *La conca lacustre de Banyoles-Besalú*. Monografies del Centre d'Estudis Comarcals de Banyoles.
- PALLÍ, L. (1972), *Estratigrafia del paleògeno del Empordà y zonas limítrofes*. Publicacions de Geologia, UAB, núm. 1. 388 pàg.
- PALLÍ, L.; ROQUÉ, C. i CAPELLÀ, I. (1997), *Mapa geològic de Besalú. E: 1:5.000*. Ed. Àrea de Geodinàmica de la Universitat de Girona.
- PALLÍ, L. i TRILLA, J. (1979), *Morfogènesis del valle de Sant Miquel de Campmajor*. *Acta Geológica Hispánica. Homenatge a Lluís Solé i Sabarís*, t. 14, pàg. 451-456.
- SANZ, M. (1983), *L'estany de Banyoles i el seu sistema hidrològic*. *Ciència*, núm. 26, pàg. 24-27.
- SANZ, M. i TRILLA, J. (1980), *Particularidades hidrogeológicas y limitaciones del uso territorial en un área de la provincia de Girona*. *Comun. 1ª Reunión Nacional de Geología Ambiental y Ordenación del Territorio*, Santander.
- SANZ, M. i TRILLA, J. (1982), *Consideraciones sobre la dinámica del sistema cástico de la Garrotxa*. III Simposio de Hidrogeología, pàg. 475-483. Madrid.
- SGC (Servei Geològic de Catalunya) (1996), *Els esfondraments del barri del Grup del Mont de Besalú*. (Informe intern inèdit). Servei Geològic de Catalunya.
- VIDAL PARDAL, M. (1954), *Los yesos de la comarca de Bañolas (Gerona)*. *Min. Obr. Publ. Jef. Sond. Cim. e Inf. Geol. Bol.*, núm. 1.

Estudis geotècnics per a l'edificació. Parts integrants i resultats que proporcionen

54

Ignasi Capellà i Solà
Lluís Pallí i Buxó

Introducció

Els estudis geotècnics tenen com a objectiu proporcionar la informació necessària d'un terreny per tal de poder projectar-hi la fonamentació més adequada. El seu àmbit es limita a una parcel·la o solar en què hi ha projectada una obra, com ara la construcció d'una casa, un edifici de pisos o una nau industrial, entre altres. Algunes vegades, però, l'estudi no està lligat a cap obra concreta i la seva sol·licitud està simplement motivada per conèixer les aptituds constructives d'un terreny. Així, en funció d'aquestes i del consegüent cost que es preveu en la fonamentació, aquest terreny despertarà o no interès de cara a la seva adquisició o per desenvolupar-hi un projecte concret.

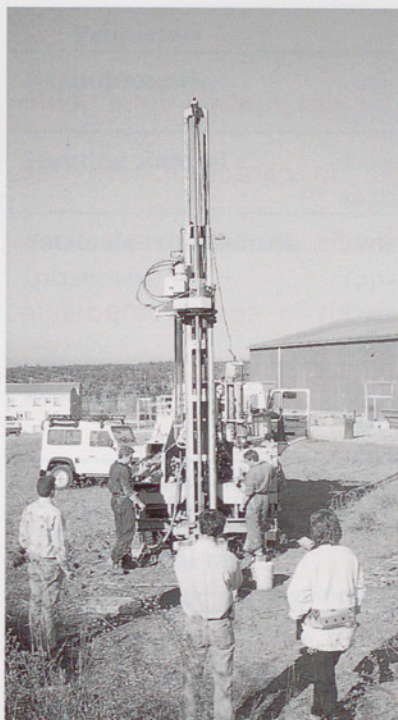
Estructura i resultats

Pel que fa a la seva estructuració, els estudis geotècnics consten de dos grans apartats: el d'informació prèvia, antecedents i metodologia i el de resultats.

En el primer figuren les referències següents:

- Dades de què es disposa del terreny. Es particularitza als usos previs de la parcel·la, a la geomorfologia, a la litologia i a la hidrogeologia.

Els estudis geotècnics tenen com a objectiu proporcionar la informació necessària d'un terreny per tal de poder projectar-hi la fonamentació més adequada o conèixer-ne les aptituds constructives



El reconeixement del terreny és bàsic per la fonamentació a realitzar.
(Foto: Arxiu UdG)

- Detalls atribuïbles a l'edificació projectada que ha d'aportar qui sol·licita l'estudi. Són importants, entre altres, el nombre de plantes que hi haurà per damunt i per sota de la rasant del terreny, si hi haurà o no moviments de terres, i els punts de l'estructura que més carregaran al terreny.
- Experiència de fonamentacions prèvies i properes. Són d'especial interès aquelles que han resultat ser problemàtiques, ja que es tindran en compte a l'hora de recomanar o descartar opcions de fonamentació.
- Treballs realitzats per reconèixer el terreny. S'indiquen els tipus de prospecció, el nombre de punts de reconeixement, les fondàries assolides, les mostres preses i els assaigs *in situ* i de laboratori que s'han practicat. A més, tot sovint, s'explica en què consisteixen alguns d'aquests assaigs i s'esmenta l'aparellatge utilitzat.

El segon apartat, el de resultats, proporciona les dades d'interès per a la fonamentació. Sol constar dels quatre subapartats següents: el de caracterització dels materials, el d'hidrogeologia, el de càlcul de la capacitat portant i dels assentaments i el de conclusions.

Caracterització dels materials

En aquest subapartat, el sòl i/o subsòl del terreny es divideix en un seguit de nivells de materials geològicament i mecànicament homogenis fixats mitjançant l'estudi dels testimonis dels sondatges i a partir dels resultats dels assaigs practicats *in situ* i al laboratori. Els horitzons es defineixen i caracteritzen per separat, sempre amb un ordre descendent (primer el més som i finalment el més profund), i s'identifiquen mitjançant lletres o números successius.

Des del punt de vista geològic, la caracterització se centra en la composició, la geometria i la posició que aquests nivells ocupen en el sòl. Així, per a cadascun es proporcionen les dades següents:

- Composició litològica. Es descriuen els materials que formen el nivell.
- Variacions laterals o verticals de fàcies. Es fa referència a si hi ha variacions progressives en la composició dels materials.
- Extensió horitzontal. S'indica si el nivell s'estén per a tota la parcel·la o, si no, en quina part es troba.
- Fondària a què es troben els límits superior i inferior. Es pot concretar per a cadascun dels punts de reconeixement o mitjançant els valors extrems. A més, se sol especificar si són uniformes i la tendència que segueixen.
- Potència o gruix. Es donen els valors extrems i, si es considera oportú, es detallen les variacions entre diferents punts de la parcel·la.

Des del punt de vista mecànic, la caracterització fa referència a les seves propietats, intrínseques i extrínseques i, a més, als paràmetres geotècnics que informen de la seva resposta davant d'un estímul extern (taula I).

En relació amb les propietats, les que s'analitzen més sovint són les següents:

- Granulometria. Examina la distribució de mides de les partícules constituents del sòl. Així, s'esbrina si es tracta de graves o sorres, ben o mal classificades, o bé si correspon a un sòl de gra fi format per partícules inferiors a 0,08 mm (llims i argiles). Aquest és un aspecte molt important dels sòls ja que, a efectes pràctics, permet dividir-los en dos grups, els cohesius i els no cohesius o granulars. En els primers predominen els fins i en els segons les sorres i les graves. El seu comportament mecànic diferenciat fa que exhibeixin propietats particulars i que s'estudii de manera desigual.
- Consistència. Correspon al grau de solidesa que mostren els sòls cohesius. S'indica la que presenta el sòl en el moment de ser reconegut.
- Humitat natural. És la relació entre el pes de l'aigua intersticial d'un volum de sòl inalterat i el seu pes un cop assecat.
- Estats de consistència. Es determinen els valors de la humitat del sòl que marquen el trànsit entre els estats de consistència líquida, plàstica, semisòlida i sòlida.
- Compacitat. S'expressa mitjançant la densitat relativa i s'utilitza per fer referència al grau d'empaquetament dels sòls granulars.
- Densitat aparent o humida. És la que presenta el sòl en el seu estat natural.

Pel que fa als paràmetres geotècnics, es quantifiquen els vinculats a la resistència al tall i a la deformació dels sòls. Els valors que s'obtenen són molt valuosos ja que tenen incidència directa en els càlculs de la capacitat portant i dels assentaments. A més, també s'utilitzen per determinar les pressions horitzontals que exerciten les terres. D'aquests paràmetres, els més usuals són els següents:

- Cohesió. És la resistència a la ruptura derivada de les forces d'atracció electroquímiques que existeixen entre les partícules del sòl. Només s'estudia en sòls en què hi ha una fracció mínima d'argila.
- Angle de fregament intern. És l'angle límit per damunt del qual, un cop superada la cohesió, es pot produir el lliscament. Correspon, de manera aproximada, a l'angle del talús natural, aquell per sota el qual el terreny es manté estable un cert període. Juntament amb la cohesió, regeixen l'equació fonamental de la resistència dels sòls d'acord amb el criteri de ruptura de Mohr-Coulomb.
- Índex de compressió i mòdul edomètric. Indiquen, de manera diferent, el grau de deformació que pateixen els sòls en relació amb un interval concret de pressions creixents.

Altres dades importants, però menys usuals, són aquelles que estan lligades amb alguna problemàtica concreta del terreny que es vol fonamentar. En el cas de sòls amb argiles expansives se sol donar, per exemple, la magnitud de la pressió d'inflament. Una altra situació és aquella en què se sospita que el terreny és agressiu al formigó, fet que exigeix una anàlisi química del sòl per tal de poder dir quins són els elements nocius i en quina concentració es troben. D'aquesta manera es podrà saber a quin tipus de ciment especial s'ha de recórrer.

Des del punt de vista geològic, la caracterització dels nivells de materials se centra en la seva composició, geometria i posició en el sòl

Des del punt de vista mecànic, la caracterització fa referència a les seves propietats intrínseques i extrínseques, a més dels paràmetres geotècnics sobre la seva resposta a un estímul extern

Propietats	Assaig	Normativa aplicada
Granulometria	Anàlisi granulomètrica per tamisatge o per sedimentació (mètode del densímetre)	UNE 103-101-95 UNE 103-102-95
Humitat natural	Determinació del contingut d'humitat d'un sòl mitjançant assecatge en estufa	UNE 103-300-93
Estats de consistència (plasticitat)	Determinació del límit líquid d'un sòl pel mètode de l'aparell de Casagrande	UNE 103-103-94
	Determinació del límit plàstic d'un sòl	UNE 103-104-93
	Determinació del límit de retracció d'un sòl	UNE 103-108-96
Pes específic	Determinació de la densitat d'un sòl. Mètode de la balança hidrostàtica	UNE 103-301-94

Paràmetres geotècnics	Assaig	Normativa aplicada
Resistència al tall (cohesió i angle de fregament intern)	Assaig de tall directe	UNE 103-401-98
Deformació (índex de compressió i mòdul edomètric)	Assaig de consolidació unidimensional d'un sòl en l'edòmetre	UNE 103-405-94

Taula 1.
Relació dels assaigs de laboratori més freqüents, juntament amb la normativa per portar-los a terme.

La hidrogeologia proporciona informació de l'aigua en el terreny estudiat

La caracterització mecànica es completa amb la indicació, per a cadascun dels nivells de materials definits, del tipus de sòl a què correspon. Aquesta indicació està lligada a un sistema de classificació establert, el qual no és més que un llenguatge comú per poder identificar de manera ràpida el tipus de terreny. El més emprat és el sistema unificat de classificació dels sòls (USCS), adaptat del que Casagrande va proposar l'any 1942 basat en la granulometria i la plasticitat.

Cal dir que, en definir els nivells de materials, té més importància la uniformitat mecànica que no pas la geològica. Així, per exemple, sorres de la mateixa composició i origen, però de diferent grau de compacitat, quedarien dividides en dos nivells diferenciats. De la mateixa manera, argiles d'aspecte similar però de consistència desigual s'agruparien per separat. Tanmateix, en la majoria d'ocasions, els límits geològics solen coincidir amb aquells que es defineixen a partir de criteris mecànics.

Així mateix, la caracterització dels materials va acompanyada gràficament de la realització de talls geològics on, a més de traçar els límits entre els nivells reconeguts, se solen indicar els resultats d'alguns dels assaigs *in situ*.

Hidrogeologia

En aquest subapartat es proporciona informació de l'aigua del terreny amb les dades següents:

- Fondària a què es troba el nivell freàtic, amb referència de la data en què s'ha mesurat.
- Oscil·lacions que es preveuen.
- Extensió de la zona saturada en l'àmbit de la parcel·la.

- Existència de fluxos preferents per damunt del nivell freàtic relacionats amb algunes litologies concretes.
- Agressivitat de l'aigua al formigó, a partir d'una anàlisi química de l'aigua per determinar la presència i concentració de substàncies nocives.

Càlcul de la capacitat portant i dels assentaments

A partir de les dades proporcionades fins al moment en els altres subapartats, ara ja es pot calcular la capacitat portant del terreny. Tanmateix, abans cal plantejar-se les diferents opcions de fonamentació, és a dir, decidir quin o quins nivells poden suportar-la. Per fer-ho cal tenir present, d'una banda, el gruix, l'extensió, la fondària i la qualitat geotècnica de cada nivell, i de l'altra, els aspectes relacionats amb l'obra projectada. Així, per exemple, no se solen considerar per a la fonamentació els nivells de molt poc gruix, els d'extensió horitzontal limitada i els de poca consistència o compacitat. També es descarten aquells horitzons propers a la superfície que es preveu que siguin excavats en fer-se un rebaix o en executar la fonamentació.

Per als nivells de fonamentació es calcula la càrrega d'esfondrament i , a partir d'aquí, la càrrega admissible. La primera correspon a la pressió màxima que teòricament pot suportar el terreny sense que es produeixi la ruptura. Es calcula a partir dels valors de la cohesió i de l'angle de fregament intern del nivell que es tracta. La càrrega admissible, per la seva banda, és la pressió de treball, és a dir, la que els elements de fonamentació podran transmetre, com a màxim, al terreny. Així, a partir d'aquesta càrrega, els fonaments s'hauran de dimensionar per tal de no superar-la. Aquesta càrrega s'obté en dividir la d'esfondrament per un factor de seguretat que, en general, sol prendre un valor 3. Malgrat el que pugui semblar, aquest no és un valor excessivament conservador si es considera que els sòls no són ni homogenis ni isòtrops, fet que comporta un cert grau d'incertesa amb els resultats que s'obtenen. En el cas dels sòls granulars, en els quals quantificar els dos paràmetres geotècnics esmentats és difícil, la càrrega admissible se sol determinar directament a partir de paràmetres de resistència o deformabilitat deduïts en assaigs *in situ* practicats amb penetròmetres, pressiòmetres o plaques de càrrega. Les càrregues d'esfondrament i admissible s'indiquen respectivament com a q_h i q_{adm} i s'expressen en kg/cm^2 o t/m^2 .

Cal advertir que, en el càlcul de la pressió d'esfondrament, els valors de la cohesió i de l'angle de fregament intern que s'adapten són els més conservadors. D'aquesta manera, la càrrega admissible resultant és vàlida a tots els punts de la parcel·la i , a més, amb un marge de seguretat mínim com el que s'ha esmentat abans. Si es procedís d'una altra manera, és a dir, si es fessin els càlculs a partir dels valors mitjans o dels més alts, l'aplicació de la càrrega admissible comportaria el risc de sobrepassar la

Per als nivells de fonamentació es calculen la càrrega d'esfondrament (pressió màxima que pot suportar el terreny) i la càrrega admissible (pressió màxima que hi podran transmetre els elements de fonamentació)

pressió d'esfondrament en les zones relativament més defectuoses. A més, per considerar la càrrega admissible com a vàlida, des del punt de vista de la resistència al tall, també es té en compte la capacitat portant dels materials que hi ha per sota del nivell que s'estudia. En el cas que sigui inferior, es comprova si la sobrepressió que afectaria aquests materials és inferior o superior a la seva pròpia capacitat portant. En el darrer cas es procedeix a reduir el valor de la càrrega admissible abans determinada.

Un cop determinades les càrregues es preveu l'assentament. Com a tal s'entén el descens que experimentarà la superfície on recolza la fonamentació. Aquest descens està relacionat amb la disminució del volum de porus del sòl, és a dir, amb la compressió del sòl, i és provocat per les pressions que transmeten els fonaments. El càlcul de l'assentament es basa en paràmetres com l'índex de compressió o mòdul edomètric i se sol expressar en cm. És important destacar que la pressió amb què es calcula la seva magnitud correspon a la de la càrrega admissible. Això vol dir que, en el cas que la fonamentació treballi amb pressions per sota de l'admissible, l'assentament serà també teòricament inferior.



MAGATZEMISTA DE FERROS, FERRETERIA INDUSTRIAL I CONSTRUCCIÓ



FERRETERIA



Eines de mà - Electroportàtils - Cargoleria
Soldadura - Abrasius - Eines de tall - Panys
Rodes - Forja - Escales

SUBMINISTRAMENTS INDUSTRIALS



Materials d'elevació - Cables - Eslingues
Materials d'equipament de tallers
Metall desplegat - Productes químics
Lubricants - Adhesius - Silicones - Pintures
Electricitat - Grups electrògens
Hidràulica - Pneumàtica - Metrologia

MAQUINÀRIA



Trossejadores - Trepants columna - Equips
de soldadura - Cisalla - Plegadores
Guillotines - Palanquins - Roscadores
Hidronetejadores - Compresors

CONSTRUCCIÓ I OBRES PÚBLIQUES



Eines - Maquinària - Formigoneres
Elevadores - Talladores
Trossejadores - Bastides - Puntals
Encofrats metàl·lics
Fustes - Fosa - Carretons - Senyalització
Barreres - Portes basculants - Discs diamant

TREFILATGES



Filats - Punes
Teles metàl·liques
Enreixats - Tancats

PORTES



Portes tallafocs - Vianants
Extensibles i de garatges

PREFORMATS PER A LA CONSTRUCCIÓ



Rodons corrugats - Malles electrosoldades
Armatures - Ferrallats - Cèrcols

PROTECCIÓ LABORAL



Calçat de seguretat - Ulleres
Guants - Cascos - Pantalles
Màscares - Vestuari
Protecció oïda

SIDERÚRGICS



Rodons - Plans - Angulars - Tubs
Perfils en fred - Calibrats - Ferros
Inoxidables - Alumini - Xapes neg.
prelacades i perforades

LÍNIA DE TALL DE BIGUES



BIGUES - IPN - IPE HEB - HEA
UPN - UAP

SERVEI • QUALITAT • EXPERIÈNCIA
PROFESSIONALITAT • EFICÀCIA
ECONOMIA



Polígon Industrial MAS XIRGU - c/ George Stephenson, 2 - 17005 GIRONA - Tel. 972 23 90 60 - Fax 972 24 16 19

Un aspecte molt important al qual es fa referència és quan es preveu que els assentaments no siguin homogènis i simultanis a tota la parcel·la. En aquest cas, que està relacionat amb el fet que les zones actives dels fonaments afectin materials de comportament mecànic diferenciat, se sol donar el valor de l'assentament diferencial. Aquest valor correspon a la diferència entre els dos assentaments extrems que es preveuen.

És bàsic esmentar que les càrregues admissibles ofereixen seguretat tant respecte de la ruptura com en relació amb els assentaments. Aquest darrer aspecte significa que, si s'aplica aquesta pressió, la deformació del terreny que s'hi preveu associada serà acceptable per a l'estructura. Per això l'interès de saber el grau de tolerància als assentaments diferencials que tindrà l'edificació que es vol fonamentar. Algunes vegades les càrregues són segures pel que fa a la resistència, però, si s'arribessin a aplicar, comportarien una deformació excessiva del terreny. En aquest cas, per tal que aquestes pressions es considerin admissibles, es minoren fins al punt que els assentaments que es preveu siguin tolerables. Aquesta situació descrita és freqüent en sòls granulars, els quals solen presentar càrregues d'esfondraments molt importants a causa del seu elevat angle de fregament intern. Tanmateix, no hi ha garantia que els assentaments associats a les pressions de treball així obtingudes siguin acceptables. Aquest fet motiva que en aquest tipus de materials les càrregues admissibles es calculin a partir d'unes deformacions prèviament fixades.

Conclusions

Les conclusions completen l'apartat de resultats i solen fer referència a les opcions de fonamentació que s'han considerat viables. De cadascuna d'elles s'esmenten el tipus de fonamentació (directa, semiprofunda o profunda), el nivell on aquesta s'ha d'encastar, les pressions que podrà transmetre i els assentaments que comportarà. També s'hi acompanyen les recomanacions oportunes i les dades que poden influir en la decisió d'escollir una fonamentació o una altra. Entre aquestes destaquen la fondària del nivell freàtic, l'agressivitat de les aigües al formigó i la dificultat d'excavació dels materials. Si es preveu un volum d'excavació important, es fa també referència als paràmetres de cohesió i l'angle de fregament intern per tal que es puguin calcular les pressions de les terres i l'estabilitat dels talussos.

Bibliografia

- CASAGRANDE, A. (1948), *Classification and identification of soils*. Transactions, ASCE, vol. 113, 901-930.

Un cop determinades les càrregues es preveu l'assentament, o descens que experimentarà la superfície on recolzarà la fonamentació

actes diversos

Assemblees

- El divendres 18 de desembre es va portar a terme l'assemblea general ordinària de col·legiats, per a l'aprovació de les quotes i aportacions per a 1999, la modificació de les despeses de visat i l'aprovació del pressupost per al 1999, entre d'altres punts.
- A continuació es va celebrar l'assemblea general extraordinària de col·legiats, prevista per a aquest mateix dia, en què es va tractar el tema d'una bonificació de despeses de visat 1998, i es va informar i acordar la venda del local de Ripoll, entre d'altres punts.



Assemblea general celebrada a Girona.

- El dijous dia 25 de març es va portar a terme l'assemblea general ordinària de col·legiats,

per a la liquidació de l'exercici anterior (1998) i per a l'aprovació del pla d'inversions, entre d'altres temes de l'ordre del dia.

Convenis

- El passat mes de març es va portar a terme la signatura d'un conveni amb l'asseguradora Adeslas, que forma part del grup AGBAR i que compta amb un dispositiu assistencial de més de 23.000 facultatius i més de 200 clíniques concertades, que l'han convertit en la segona asseguradora privada de salut del país.



Signatura del conveni amb l'asseguradora Adeslas.

La pòlissa inclou el col·legiat i familiars, i cobreix assistència mèdica, clínica i hospitalària a uns preus molt avantatjosos.

exposicions

Sala d'Exposicions La Punxa

- L'Estany de Banyoles i comarca (pintura)

Artista: Miquel Tarrés

Inauguració: 3 de desembre, a les 8 del vespre

Durada: del 3 al 16 de desembre de 1998

- Obres del Fons d'Art del Col·legi

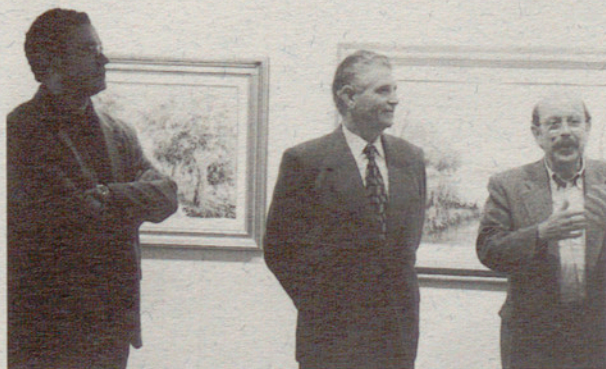
Diversos artistes

Inauguració: dia 18 de desembre

Durada: fins al 6 de gener de 1999

- Escultures - Rosa Serra

Artista: Rosa Serra



Acte de presentació de l'exposició de Miquel Tarrés.

Inauguració: 15 de gener, a les 8 del vespre

Durada: del 15 al 30 de gener de 1999

- Personatges (pintura)

Artistes: Jordi Cargol i Carles Cargol

Inauguració: 5 de febrer, a les 8 del vespre

Durada: del 5 al 20 de febrer de 1999



Jordi i Carles Cargol el dia de la inauguració

- Olis de Joan Masgrau

Artista: Joan Masgrau

Inauguració: dia 5 de març, a les 8 del vespre

Durada: del 5 al 20 de març de 1999

- Antoni Bramon - Fotografies

Artista: Antoni Bramon

Inauguració: 27 de març, a les 8 del vespre

Durada: del 27 de març al 17 d'abril de 1999

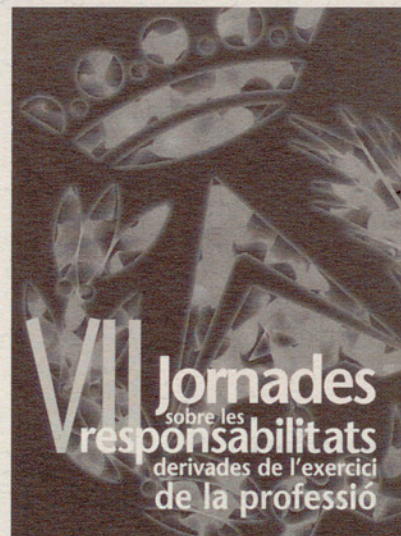


Presentació de fotografies d'Antoni Bramon

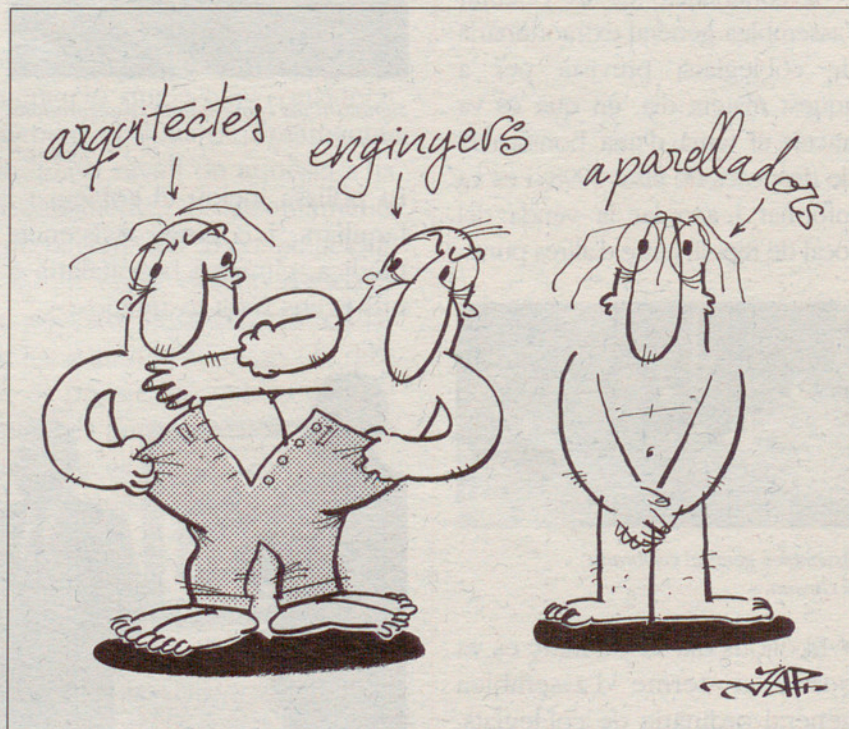


Publicació: VII Jornada sobre les responsabilitats derivades de l'exercici de la professió

Aquesta publicació recull les ponències dels magistrats en la VII Jornada sobre les Responsabilitats Derivades de l'Exercici de la Professió, que enguany es



van emmarcar dins del curs d'especialització en seguretat laboral en l'àmbit de l'edificació, i que tracten temàtiques sobre la seguretat i salut i la prevenció de riscos laborals



activitats formatives

JORNADES TÈCNIQUES**• Manteniment, patologia i rehabilitació**

Ponents:

Salvador Pujolàs i Butiñà
Gustau Roca i Jordi

José Antonio Presmanes i Rivas

Comunicants:

Jesús Bassols i Geli

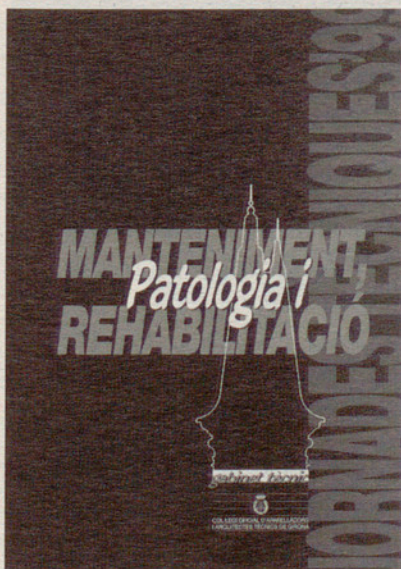
Joaquim Romans i Ramió

Josep Saguer i Planas

Dates: 29 i 30 de gener de 1999

Lloc: Sala d'actes de La Punxa

Durada: 15 hores

**• La nova EHE-98**

Ponents:

José Calavera Ruiz

Antonio Garrido Hernández

Joaquim Romans i Ramió

José Javier Sarria Odiaga

Dates: 26 i 27 de març de 1999

Lloc: Sala Catalunya de l'hotel
Carlemany

Durada: 15 hores

CURSETS**• Curs avançat de valoracions immobiliàries**

Professors:

Jordi Baiges i Artís

Jesús Moral i González

Dates: 19, 20, 21, 22 i 27 d'oc-
tubre de 1998

Lloc: Sala d'actes de La Punxa

Durada: 20 hores

• VII Jornada sobre les Responsabilitats Derivades de l'Exercici de la Profesió

Ponents:

José Isidro Rey Huidobro

Fernando Lacaba Sánchez
Núria Bassols i Muntada

Presentació:

Miquel Matas i Noguera

Moderador:

Miquel Pérez Capella

Data: 23 d'octubre de 1998

Lloc: Hotel Novotel

Durada: 3 hores

• Curs bàsic de valoracions immobiliàries

Professor:

Narcís Sureda i Daunis

Dates: 15 de gener de 1999

Lloc: Sala d'actes de La Punxa

Durada: 9 hores

• Autocad nivell bàsic

Professora: Núria Berenguer

Dates:

2, 4, 9, 11, 16, 18, 23 i 25 de
febrer i 4, 9, 11, 16 i 18 de març
de 1999

Lloc: CCI

Durada: 39 hores



Acte sobre
Responsabilitats
Derivades de l'Exercici
de la Profesió.

• **Seguretat i salut a la construcció segons el RD 1627/97**

Organitzat conjuntament amb el COAiAT de Lleida

Professor:

Antonio Rodríguez de Prada

Dates: 5 i 6 de febrer de 1999

Lloc: Hotel Llivia, Llivia

Durada: 14 hores

• **Sicce win**

Professor:

Amadeu Escriu i Giró

Dates:

13, 15, 20 i 29 d'abril de 1999

Lloc: CCI

Durada: 12 hores

• **Apartot**

Professors:

Joan Mundet i Juliol

Josep M. Arjona i Borrego

Lloc: CCI

Durada: 3 hores

Dates: 4 de gener i 22 de març de 1999

• **Introducció a l'exercici professional**

Professors:

Ramon Ceide i Gómez

Amadeu Escriu i Giró

Joan M. Gelada i Casellas

Ramon Soler i Plana

Joaquim Romans i Ramió

Josep M. Pou i Soler

Jesús Rodríguez i Casellas

Salvador Amat i Batlle

Albert Ribera i Roget

Arcadi de Bobes

Josep M. Arjona i Borrego

Salvador Pujolàs i Butiñà

Dates:

Del dia 20 de març al 17 de juliol de 1999

Lloc: Sala d'actes de La Punxa

Durada: 39 hores

• **Manejament del distanciómetre Elta R55**

Professor:

Amadeu Escriu i Giró

Lloc: CECAM de Celrà

Durada: 3 hores

Dates:

27 d'octubre, 10 de novembre de 1998, 12 de febrer i 16 de març de 1999

PRODUCTES I LA SEVA APLICACIÓ

• **Degradació, reparació i protecció del formigó**

Ponents:

Tècnics de l'empresa SIKA

Data: 14 de desembre de 1998

Lloc: Sala d'actes de La Punxa

• **Productes i la seva aplicació: estucats exteriors**

Ponent: Eliseu Ventura, gerent d'Estucats Ventura

Data: 15 de gener de 1999

Lloc: Sala d'actes de La Punxa

SESSIONS INFORMATIVES

• **Visats - seguretat i control**

Ponents:

Gabinet Tècnic

Data: 11 de gener de 1999

Lloc: CECAM de Lloret

Data: 18 de gener de 1999

Lloc: CECAM d'Olot

Data: 1 de febrer de 1999

Lloc: Oficina Col·legial de Palamós

Data: 8 de febrer de 1999

Lloc: CECAM de Vilamalla

• **Sessió informativa sobre la nova EHE**

Ponents:

Joaquim Romans i Ramió

Josep M. Arjona i Borrego

Data: 12 d'abril de 1999

Lloc: CECAM de Lloret



Xerrada sobre la nova normativa del formigó.

PRESENTACIÓ - CONFERÈNCIES

• **DIBAC, HARMA I MIC**

Data: 24 de febrer de 1999

Lloc: Sala d'actes de La Punxa

CONFERÈNCIA D'HIVERN D'EUROCONSTRUCT

Euroconstruct és un grup europeu format per 16 instituts dels països de la UE i de l'EFTA que anualment organitza dues conferències, una a l'estiu i l'altra a l'hivern, amb la finalitat de presentar, pel que fa a cada país:

- L'anàlisi econòmica del mercat de la construcció.
- La previsió a curt termini dels subsectors de l'habitatge, l'edificació no residencial, el manteniment, la rehabilitació i l'enginyeria civil.

L'ITeC és el representant d'Espanya a l'Euroconstruct.

L'any 1998 la conferència d'hivern es va celebrar a Berlín, els dies 10, 11 i 12 de desembre.

Situació del sector de la construcció a Espanya a final de 1998 i prospectiva per als anys 1999 i 2000

La fase expansiva del cicle econòmic que viu l'economia espanyola es veu confirmada per la punta de creixement prevista per a l'any en curs, del +3,8%, que vindrà seguida, segons tots els pronòstics, per uns creixements lleugerament més moderats, però també molt elevats, en els dos exercicis següents (+3,6% i +3,5%, el 1999 i el 2000, respectivament).

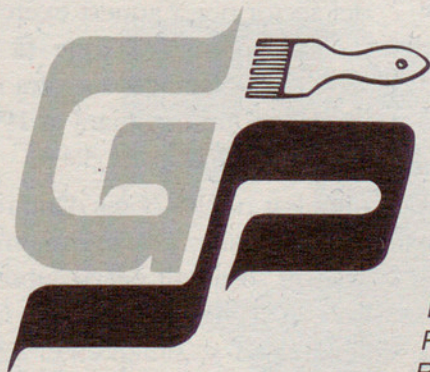
La demanda interna és la font principal de la forta dinàmica d'aquesta fase, molt particularment liderada pel consum privat (+3,4%) i per la inversió (+8,5%).

Durant l'any 1998, el sector de la construcció a Espanya està experimentant una forta recuperació. A l'informe del mes de juny s'apuntava un creixement probable del +4%, però a mesura que l'any ha anat avançant s'ha pogut comprovar que la millora és més intensa del que s'havia previst i que podrà situar-se per sobre del +5% al final de l'exercici.

Tal i com dèiem en el mes de juny, l'aspecte a destacar de l'any 1998 en el camp de la construcció és el fet que, per primera vegada en molts anys, tots els subsectors han millorat la seva producció respecte de l'any anterior.

Les previsions del sector per a l'any 1999 situen el seu creixement en els paràmetres actuals, encara que amb una taxa lleugerament menor.

Quant al subsector de l'edificació residencial, després del fort creixement dels darrers anys



GERMANS PAIRÓ, S.A.

Ctra. de Riudaura, 6 - Tel. 972 26 12 04* i 972 26 27 26 - Fax 972 26 29 50
17800 OLOT (Girona)

PINTURA EN GENERAL

Restauració de façanes
Muntatges i lloguer de bastides
Doll de sorra abrasiu
Pintura en general
Rètols
Decoració

(5% el 1996 i 6% el 1997), el 1998 hi ha hagut un nou impuls (6%), que ha situat el nombre d'habitatges iniciats en 390.000. Per al pròxim any, no sembla lògic pensar que es pugui mantenir aquest ritme, encara que el subsector segueixi registrant taxes positives de variació (+3%).

L'actual fase de millora econòmica general està contribuint de manera decisiva a confirmar la recuperació de l'edificació no residencial. Aquest panorama permet pronosticar que, després de la recuperació d'un +2% d'activitat el 1997, aquest any el subsector arribi a un creixement de +4%, i que aquesta taxa es mantingui el 1999.

La rehabilitació continua una sòlida tendència creixent. Actualment, aquest potencial troba vies de realització molt superiors a les de fa dos anys, gràcies a les bones condicions dels mercats financers i a la bona disposició al consum de les famílies i de les empreses. Les previsions per a aquest any i per al 1999 són d'un creixement encara major que el de l'exercici 1997: +6,5% i +6,7%, respectivament.

L'apartat que enguany presenta més interès dins del món de la construcció és el de l'enginyeria civil, ja que, després de dos anys amb caigudes importants de la seva activitat, recupera un

dinamisme que li permet superar les quotes de producció anteriors. Les previsions per al 1998 se situen entre el +3% i el +3,5%, i s'espera que la bona marxa trobi continuïtat en el següent exercici (+3%).

Situació del sector de la construcció a Europa a final de 1998 i prospectiva per als anys 1999 i 2000

El 1997, el total agregat en els 15 països de l'Europa occidental va arribar a un volum aproximat de 732.000 milions d'ECU, un 0,6% més que al 1996. Per a l'any 1998 es preveu un augment aproximat de l'1,6%, mentre que les previsions per al 1999 mostren un increment lleugerament superior, de l'ordre del 2,4%.

El 1998, el volum total de la construcció arribarà a uns 744.000 milions d'ECU (un creixement de l'1,6%). Es preveu un increment addicional per al 1999 de fins a 762.000 milions d'ECU. Aquesta tendència creixent arribarà a l'any 2000, en què el volum esperat és de 777.000 milions d'ECU.

La major contribució en termes absoluts a aquest creixement del volum total de la construcció en l'interval 1997-2000, que es xifra aproximadament en 45.000 milions d'ECU, provindrà principalment del Regne

Unit, seguit d'Itàlia, Espanya i França.

Les taxes de creixement esperades per subsectors són les següents:

En l'edificació residencial, tot i el petit increment del 0,8% de 1997, la crisi ha continuat el 1998 (-1,7%), i només iniciarà un tímid creixement durant l'any 1999 (+0,7%), que es preveu que es consolidi al 2000, en què la recuperació prevista arribaria al 2,1%.

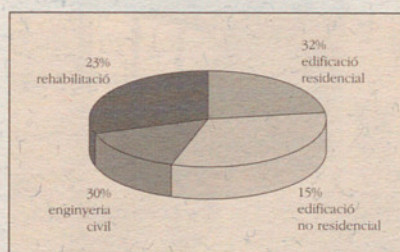
Tot i les diferents taxes de creixement que manifesten l'edificació no residencial pública i la privada (3,5% per a la primera enfront d'un 1% per a la segona), l'increment global per al 1998 s'estima en un 3%. A partir d'aquest any s'iniciarà una lleugera disminució d'aquest creixement. Les taxes esperades són d'un 2,8% per al 1999 i d'1,9% per al 2000.

Les dades referents al subsector de la rehabilitació mostren un increment superior a la mitjana del sector per a aquest exercici i els següents. Pel que fa al 1998, el creixement es xifra en un 2,7%, que se situarà al 1999 en valors pròxims al 3,4%.

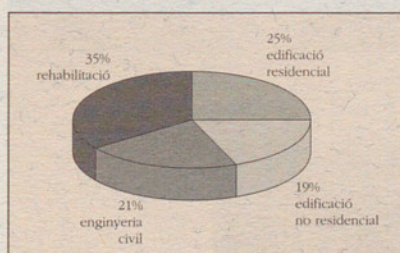
Impulsat per les obres d'infraestructura viària, s'espera un creixement sostingut per al subsector de l'enginyeria civil. Les seves taxes se situen en el 2,3% per a 1998 i passen a ser del 2% el 1999.

Estructura del sector de la construcció comparada, 1998

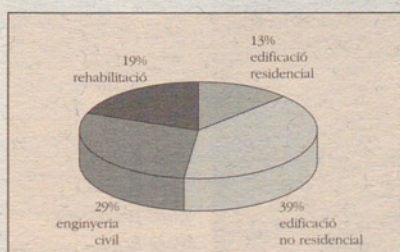
Espanya



Països Euroconstruct



Països de l'Est



informació diversa II

VI BIENNAL DE DISSENY D'INTERIORS DE GIRONA

Data: 9 d'abril de 1999

Organitzador: Col·legi Oficial de Decoradors i Dissenyadors d'Interiors de Girona.

Finalitat: El Col·legi Oficial de Decoradors i Dissenyadors d'Interiors de Girona considera que el món de l'interiorisme forma part de la vida quotidiana de les persones.

L'aplicació del disseny d'interiors ben desenvolupat i amb creativitat dona un nivell

superior de qualitat de vida, un prestigi i una atracció comercial en locals públics, on la imatge és molt important.

La finalitat d'aquesta Biennal és divulgar l'interiorisme ben aplicat, fomentar l'interès creatiu dels professionals degudament qualificats i promoció-nar el nostre col·lectiu de professionals de la decoració i disseny d'interiors, així com les obres realitzades a la nostra província.

Obres finalistes

- Habitatge particular:
Karin Hartner
C/ Illes Medes, 5
Calella de Palafrugell
Autor: Enric Dillet Cama
- Joieria: Joieria Balasch
Pujada del Castell, 4
Figueres
Autor: Jordi Palmada Lloret

VII



PORTES METÀL·LIQUES

RIERA
GERARD CAMPS

Avda. Font de la Pólvora, 3 i 5 - Tel. (972) 20 82 88 - Fax (972) 22 36 17 - 17004 GIRONA

• Botiga de marroquineria:
Opcional

C/ Forn de Baix, 7

Figueres

Autor: Joan Bosch Bosch

• Sabateria: Palmira Sabateria

C/ Portella, 7

Figueres

Autor: Rosend Cortés Estop

• Despatx d'interiorisme: S & B

Av. Jaume I, 18, àtic 1a

Girona

Autors: Manel Sureda i Josep

M. Bosch

• Despatx professional:

Viella & Xifra Advocats

Av. Jaume I, 26, 2-1

Girona

Autora: Teresa Casas Cornellà

• Carnisseria:

Xarcuteria, carnisseria i plats
preparats Pere Roca

Plaça Catalunya, bloc 5, local 2

Banyoles

Autora: Maite Prats Roura

(B.S.B. i Associats)

Obra premiada

Carnisseria:

Xarcuteria, carnisseria i plats
preparats Pere Roca

Plaça Catalunya, bloc 5, local 2

Banyoles

Autora: Maite Prats Roura (B.S.B.

i associats)

Menció especial

Despatx d'interiorisme: S & B

Av. Jaume I, 18, àtic 1a

Girona

Autors: Manel Sureda i Josep

M. Bosch



Despatx d'interiorisme S & B.



Xarcuteria,
carnisseria i
plats preparats
Pere Roca.

SUIMUN

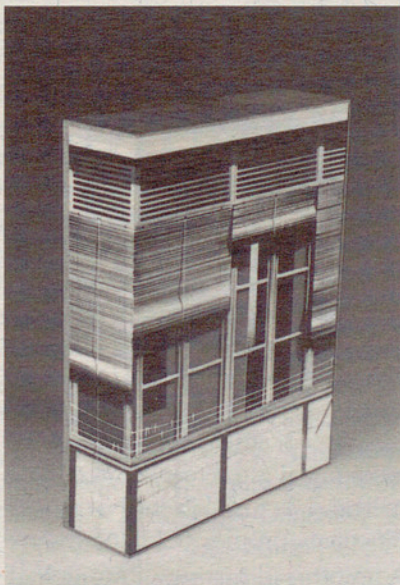
Subministraments i Muntatges, S.A.

Falsos Sostres - Aïllaments / Acústica - Insonoritzacions / Envans i transdossats "Pladur"
Divisions metàl·liques d'oficines / Cambres amb panells frigorífics / Protecció passiva contra el foc "Promat"
Projeccions de poliuretà

Ctra. N-II Km 721'5 - Tel 972 17 07 13 - Fax 972 17 01 68 - 17481 ST. JULIÀ DE RAMIS (Girona)

Jurat

- Francesc Bosch Aragó, arquitecte tècnic
- Antoni Calafell Vallcorba, dissenyador d'interiors
- Jordi Cuenca Herrero, dissenyador d'interiors
- Àngel del Pozo Ortiz, dissenyador gràfic i il·lustrador



Pintura volum de Vicenç Huedo.

- Jaume Torrent Genís, arquitecte i cap d'Urbanisme de Girona

Guardó

El premi d'aquesta sisena edició va ésser una pintura-volum de l'artista Vicenç Huedo. L'entrega va tenir lloc el divendres dia 9 d'abril a les 21.30 h, al restaurant La Torre de Can Roca de Girona.

Guardons edicions anteriors

- I Biennal, any 1987:**
Escultura de Torres Monsó
- II Biennal, any 1989:**
Escultura d'Isabel Banal
- III Biennal, any 1991:**
Escultura de Torres Monsó
- IV Biennal, any 1993:**
Escultura d'Anson
- V Biennal, any 1997:**
Escultura de Domènec Fita

Guanyadors edicions anteriors

- I Biennal, any 1987:
 - Interboutics
Girona
Autor:
Joan Bosch Bosch
- II Biennal, any 1989:
 - Boutique Emiliana
Figueres
Autor:
Eduard Bartolí
- III Biennal, any 1991:
 - Sieline
Girona
Autor:
Joan Bosch Bosch
- IV Biennal, any 1993:
 - Platea Local & Bar
Girona
Autors:
Montserrat Sot i Jordi Triola
- V Biennal, any 1997:
 - Hygia-Pharma
Banyoles
Autora:
Maite Prats Roura

IX



Musa

AGBAR MANTENIMIENTO, S.A.

Ctra. Barcelona, 166 17001 GIRONA Tel. 20-44-11

EXTINTORS
EQUIPS DE MÀNEGA
HIDRANTS
DETECCIÓ I EXTINCIÓ

PROTECCIÓ D'ESTRUCTURES
TALLA FOCS ENTRE NAUS
PINTURA INTUMESCENT RF
CENTRAL D'ALARMES

SENYALITZACIÓ
IGNIFUGACIÓ DE TEIXITS
SIST. ANTIROBATORI
PORTES RF



EQUIPS, INSTAL·LACIONS I PROTECCIONS CONTRA INCENDIS I DE SEGURETAT

**VEREDICTES DELS PREMIS
CONSTRUMAT 1999, PROMOGUTS
PEL SALÓ INTERNACIONAL DE LA
CONSTRUCCIÓ CONSTRUMAT-
BARCELONA, AMB LA COL-LABORACIÓ
DEL DEPARTAMENT DE POLÍTICA
TERRITORIAL I OBRES PÚBLIQUES DE
LA GENERALITAT DE CATALUNYA I
L'ORGANITZACIÓ TÈCNICA DE L'ITeC**

En aquesta vuitena edició s'han convocat els premis Construmat a la innovació en els àmbits d'edificació, enginyeria civil, procés constructiu i producte industrial, aquest darrer en els apartats de productes per a fonaments, contenció, estructures, tancaments i proteccions, i separacions; productes per a aïllament, impermeabilització, revestiment i pavimentació; productes per a il·luminació, climatització, i gestió i control; i productes per a sanejament, protecció, transport i per a l'equipament.

Edificació i enginyeria civil

El jurat del premi Construmat 1999 d'edificació i enginyeria civil, format per Ana Moscoso del Prado Sardón (arquitecta tècnica), Joan Olmos Llorens (doctor enginyer de camins, canals i ports) i Enric Steegmann i García (doctor arquitecte) ha emès el següent veredict:

Enginyeria civil

– Menció al pont peatonal de Sant Feliu, a Girona, per l'elegant construcció, d'aparença senzilla, que amaga en realitat un complex procés de projecte i construcció. L'arc del pont, de gran llum i esveltesa, aparentment encastat a les parets de la vora, és en realitat un pòrtic biarticulat entre bieles de formigó: una intel·ligent solució que dona a aquesta obra una especial rellevància tipològica.

Promotor: ministeri de Foment. Constructor: COPCISA. Equip tècnic facultatiu: Antoni Obiols Boix, Juan A. Sobrino Almunia, María Dolores Gómez Pulido (enginyers de camins, canals i ports), Antoni Blázquez i Lluís Guanter (arquitectes).

– Menció a la cobertura i ordenació de la superfície de la ronda del Mig/Brasil, de Barcelona, per la satisfactòria correcció d'una situació ambiental molt negativa en el cor de la ciutat, amb la qual se recupera i amplia l'espai públic per als vianants d'una manera tècnicament ajustada, sense abusar de la implantació de mobiliari urbà, minimitzant les despeses de manteniment i resolent encertadament la seva inserció en la trama viària.

Promotor: Ajuntament de Barcelona, Saba. Constructors: Comsa, FCC SA. Equip tècnic facultatiu: Jordi Henrich Monràs, Olga Tarrasó Climent i Santiago Bergnes de las Casas Soterias (arquitectes).

– Premi Construmat 1999 d'enginyeria civil als viaductes de Canero i San Timoteo, de la variant de Luarca, a Astúries, pel seu sistema constructiu de llançament específic, senzill, econòmic i –vista l'experiència– de possible aplicació

universal, amb el qual s'han aconseguit unes obres avançades, tant pel que fa al disseny com a les seves llums, en encertada resposta a condicionants econòmics i mediambientals.

Promotor: direcció general de Carreteres, ministeri de Foment. Constructor: Necso Entrecanales Cubiertas SA. Equip tècnic facultatiu: Agustín Falcon de Bascaran, Ricardo Llago Acero (enginyer de camins, canals i ports). UTE: Víctor Martínez Segovia SL, Tableros y Puentes SA. Assistència tècnica: Adolfo Garrachón Fernández (enginyer tècnic d'obres públiques).

Edificació

– Menció a la remodelació del mercat de la Concepció, de Barcelona, per l'operació exemplar de conservació i modernització d'aquest equipament secular, on l'aparent modèstia dels resultats amaga un complex i original procés de construcció per mantenir incòlume l'estructura original del mercat i actuar d'acord amb les dificultats pròpies del lloc.

Promotor: Institut Municipal Mercats, Ajuntament de Barcelona. Constructor: UTE: FCC SA i FCC Construcción SA. Equip tècnic facultatiu: Albert Pineda de Álvarez (arquitecte), Francesc Xurigué Camprubí (arquitecte tècnic).

– Menció a l'Escola Jungfrau de Badalona, per la seva construcció essencial i disciplinada ja des del projecte, singular al·legat contra sistemes rutinaris i maldestres de construir, sovint basats en la improvisació i sempre refiats de l'acció maquilladora dels acabats.

Promotors: Generalitat de Catalunya, Ajuntament de Badalona.

Constructor: Obrascón Huarte SA. Equip tècnic facultatiu: Alfons Soldevila Barbosa (arquitecte), Josep I. Llorens Duran (càlcul d'estructures), Juan González Gou (enginyer industrial), Sabi Rom Serra i Montse Suau Seriol (aparelladors). Col·laboradors: Joan Curós Vilà, Pere Vegué González, David Cabrerizo Merino i David Soldevila Riera (arquitectes).

– Menció a l'Auditori Alfredo Kraus de Las Palmas de Gran Canària, ferri estoig d'un interior exquisit i detallista, per l'ambiciosa i original concertació, sensible a les singularitats del lloc i tècnicament irreprotxable, d'objectius de projecte diversos i sàviament amalgamats, per exemple, a la gran sala d'audicions –finestral sobre el mar, llanterna zenital, caixa acústica, terrasses de seients– i en el *foyer* umbracle amb els accessos i evacuacions obertes al suau clima de l'illa.

Promotors: ministeri d'Educació i Cultura, Govern de Canàries, Ajuntament de Las Palmas de Gran Canària. Constructor: Dragados y Construcciones SA. Equip tècnic facultatiu: Oscar Tusquets, Carles Díaz, Agustín Juárez, Marcos Roger i Enric Torrent (arquitectes). Col·laboradors: Lothar Cremer (físic acústic), Alfonso García-Sencher-més (acústic), Pierre Arnaud (il·luminació), Bet Figueras (paisatgista), Cesáreo Tiestos i Marcos Martín (aparelladors), Pere Valldepérez (vidrier) i JG Asociados (instal·lacions).

– Menció al museu Guggenheim de Bilbao, fascinant exuberància neobarroca, per l'encertada correlació que al complex imaginari del seu autor van oferir l'ús exhaustiu de sofisticades eines informàtiques

per al desenvolupament del projecte i el control de la construcció en tots els seus components i fins a l'última conseqüència.

Promotor: Fundació Guggenheim-Bilbao. Constructors: Ferrovial, Lauki, Urssa, Construcciones y Promociones Balzola. Equip tècnic facultatiu: Frank O. Gehry i César Caicoya López-Morán (arquitectes).

– Premi Construmat 1999 d'edificació a la fàbrica Simón d'Olot, sobri conjunt d'edificis especialitzats al voltant d'una nau neutra de producció, per la innovació del projecte, que parteix d'assumir positivament una dificultat arquitectònica ineludible de l'edificació industrial –la composició de volums de mides i programes molt diversos i generalment incompatibles–, però que també sap escamotejar als catàlegs el disseny, sovint tosc, de vores, cantonades, obertures i altres solucions de continuïtat, aquí resoltes perfectament i elegantment.

Promotor: Simón SA. Constructors: Coempco SA, Crawford Door SA, Ibermodul SA, Montajes Besós SA, Transmetal Transformados Metálicos SA. Equip tècnic facultatiu: Lluís Clotet Ballús, Ignacio Paricio Ansuátegui (arquitectes), Edetco SL (*project manager*), NB-35 SL (càlcul d'estructures), PGI SL (càlcul d'instal·lacions).

Procés constructiu i producte industrial

El jurat del premi Construmat 1999 al procés constructiu i producte industrial, format per Joan Ardèvol (aparellador), Joan Cutrina (enginyer industrial) i Joan Sabaté (arquitecte), ha emès el següent veredict:

Procés constructiu

– Menció a la gestió d'infraestructures urbanes El Viatest, per l'esforç de recuperació i coordinació de dades i per la versatilitat i facilitat amb què aquest programa informàtic permet intervenir en la gestió i manteniment de les vies públiques.

Promotor: Ajuntament de l'Hospitalet de Llobregat.

– Menció al sistema elevador Minor Komapk, per la seva enginyosa senzillesa, que aconsegueix millorar i reduir la part motriu i facilita el seu acoblament a les obres.

Empresa: Camac SA.

– Menció a la màquina trepadora-esbiaixadora elèctrica sèrie DS, per la innovació que presenta la sèrie DS i pel reconeixement a una política de contínua investigació de noves eines auxiliars del procés constructiu.

Empresa: Germans Boada SA.

– Premi Construmat de procés constructiu a la reconstrucció de la cúpula del museu Dalí de Figueres, per la solució innovadora –plataforma desplegable provisional– d'un procés no repetitiu, fruit d'un equip multidisciplinari, que aporta una sèrie de solucions que han permès realitzar l'obra en poc temps i amb la instal·lació oberta al públic.

Producció: Talleres Inox SA i Ariño Duglass SA. Projecte, disseny i direcció: Luis Clotet Ballús i Ignacio Paricio Ansuátegui (arquitectes). Promotor: Fundació Gala Dalí. Col·laboradors: Santiago Loperena Jené (aparellador), Francisco Moreno González (enginyer industrial), NB-35 SL (càlcul d'estructures).

Producte industrial

Productes per a fonaments, contenció, estructures, tancaments i proteccions, i separacions

– Menció a la finestra mixta de fusta i alumini Contura Invent, per l'esforç de redissenyar un element tan elaborat com és la finestra de fusta incorporant-hi els avantatges de les tècniques de la fusteria metàl·lica, i especialment pel seu sistema d'ocultament dels perns.
 Empresa: Nobility SA.

– Menció al dipòsit posttesat Orura, per la utilització d'un sistema d'elements prefabricats que permet, amb operacions simples i segures en el muntatge, la transmissió de càrregues i l'estanquitat del dipòsit.

Enginyeria: Soluciones Prefabricadas Oralde SA.

Empresa productora: Prefabricats del Penedès SL.

– Menció a la divisòria interior Luxwall, pel seu acurat disseny, que permet resoldre un gran nombre de situacions de compartimentació interior amb elevades prestacions, per la disposició dels perfils de sòcol i cornisa i per la resolució de les juntes entre els vidres.

Empresa: Arlex SA.

– Menció al sistema compost de reforç d'estructures Mbrace, per la voluntat d'investigació d'un producte versàtil i de fàcil aplicació en el procés constructiu, basat en la utilització de fibres, amb possibilitat d'ús en una o dues direccions.

Empresa: Bettor MBT SA.

– Premi Construmat 1999 de producte industrial, en l'apartat de productes per a fonaments, contenció, estructures, tancaments i

proteccions, i separacions, al sistema de fixació de vidres Puntpart Wall, per la seva versatilitat –que permet la fixació mecànica (VEA) de vidres simples, laminats o amb càmera sobre estructures secundàries–, per la qualitat del disseny i per l'acurada realització i la garantia final del producte.

Empresa: Construccions Metàl·liques Bellapart SA.

Productes per a aïllament, impermeabilització, revestiment i pavimentació

– Premi Construmat 1999 de producte industrial als morters i pintures de cal hidràulica natural Drempe-Karea, per la garantia que aporten sobre la protecció i homogeneïtat del producte, així com per la seva distribució normalitzada, que fan d'aquest material tradicional una alternativa viable als productes convencionals per a façanes fora dels seus àmbits més habituals, com el de la restauració.

Empresa: Adur SL.

Productes per a instal·lacions d'il·luminació, climatització, i gestió i control

– Menció a la il·luminació programable Sivra, per la interessant resolució d'un treball innovador sobre la regulació i la qualitat de l'enllumenat artificial i la seva incidència en el comportament de les activitats humanes.

Empresa: Iguzzini Illuminazione España SA.

– Menció al suport per a radiadors Eurosoporte, per la innovació en la simple i tradicional peça de suport de radiadors, que resol enginyosament el possible anivellament o la

voluntària inclinació del radiador de manera ràpida i segura.

Empresa: Radiator SL.

– Premi Construmat 1999 de producte industrial, en l'apartat de productes per a instal·lacions d'il·luminació, climatització, i gestió i control, a la caldera Integra, per la seva innovació i versatilitat, que permet alternatives a l'hora d'ubicar-la en recintes reduïts i pel seu comportament a l'exterior.

Empresa: Saunier Duval Dicoso SA.

Productes per a instal·lacions de sanejament, protecció, transport i per a l'equipament

– Menció al desguàs metàl·lic anti-retorn Jamys, per la innovació que aporta al sistema clàssic d'evacuació, amb una solució funcional al problema dels retorns d'aigua als desguassos i en el trànsit dels múrids.

Empresa: Suministros Cem SL.

– Menció a les aixetes sanitàries ecològiques, com a reconeixement a un senzill sistema de regulació de temperatura i cabdal d'aigua que representa una primera aportació a la concepció sostenible de les instal·lacions.

Empresa: Suministros Sanitarios SL.

– Premi Construmat 1999 de producte industrial, en l'apartat de productes per a instal·lacions de sanejament, protecció, transport i per a l'equipament, a l'ascensor Kone MonoSpace, per ser el primer ascensor comercialitzat que incorpora un brillant i radical sistema d'ubicació de la maquinària dins el mateix recinte, eliminant així les necessitats d'espai en coberta o a les plantes i reduint, a més, el consum energètic.

Empresa: Kone Elevadores SA.

Tot el que necessita saber per estalviar impostos



ho trobarà en aquesta guia

Com afecta el nou IRPF els nous productes financers?

Com tributen els fons d'inversió? I les assegurances de vida? Puc continuar desgravant la meva hipoteca? Tenen avantatges fiscals els dipòsits?

Conegui la resposta als dubtes més habituals sobre la nova fiscalitat dels productes financers i sàpiga com aprofitar al màxim els seus avantatges fiscals, d'acord amb la nova llei de l'IRPF.

Sol·liciti la guia "Com estalviar impostos amb el Grup Banc Sabadell" a qualsevol oficina, trucant al 902 323 555 o bé enviant la butlleta per fax al 900 10 14 10.

Desitjo rebre la guia "Com estalviar impostos amb el Grup Banc Sabadell".

Nom i cognoms

Adreça

CP..... Població

Província

Telèfon

Envii aquesta butlleta per fax al 900 10 14 10.

tecnoCredit

BancSabadell



TC

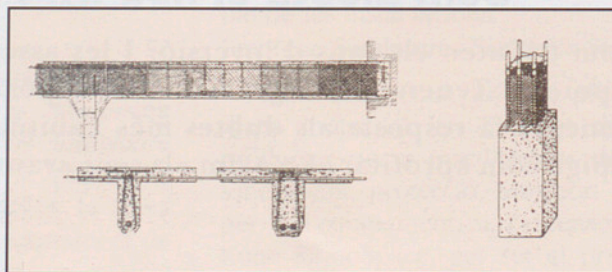
El formigó, una nova visió del material: l'EHE

62

Josep M. Arjoma Borrego

Mínima història

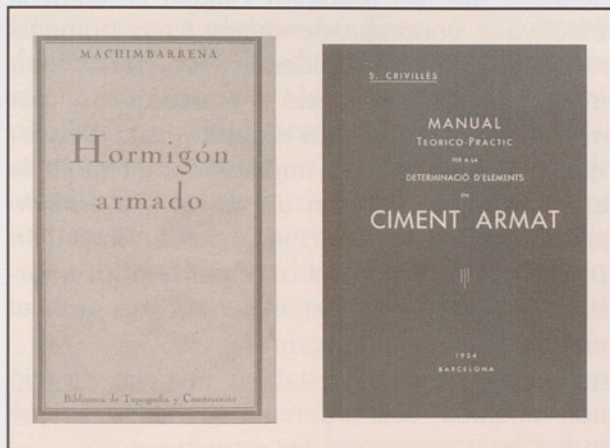
Quan a mitjan segle XIX, concretament el 1865, el francès Joseph Monier (1823-1906) va començar a barrejar tela metàl·lica a les seves jardineres en l'Orangerie de Versailles per dotar-les d'una major resistència, poc s'imaginava que estava posant les bases d'un nou material que amb el decurs dels anys hauria de ser decisiu en l'evolució del procés constructiu: el formigó armat. Amb les nombroses patents que va crear —canonades (1868), panells (1869), dipòsits (1872), ponts (1873) escales (1875), bigues (1878) i cobertes (1880)—, que finalment va cedir i que van recollir diferents empreses de Bèlgica, Holanda, Àustria i Alemanya, es va iniciar el veritable desenvolupament del formigó armat, fins que en 1891 es va formar la Comissió Francesa per a l'estudi d'una normativa sobre aquest element, que va publicar en 1896 la primera disposició oficial francesa sobre el tema. A Espanya, es va haver d'esperar al 1893 perquè Francesc Macià i Macià (després president de la Generalitat de Catalunya) adquirís els drets d'explotació de la patent Monier i realitzés proves amb el nou material. Tot i això, és l'enginyer de camins, canals i ports José Eugenio Ribera Dutasta qui va ser considerat com l'introduïdor del formigó armat a Espanya. Primer, durant quatre anys, Ribera va emprar el sistema d'una empresa francesa (Hennebique), i després va crear el seu de propi (sistema Ribera), convertint-se així en el personatge decisiu per a l'adopció del nou material en les construccions de l'Administració pública.



Sistema Ribera

L'acceptació del formigó armat com a nou material de construcció en tots els àmbits (obres públiques i edificació) va ser lenta i difícil, com deia Juan Machimbarrena (enginyer d'obres de l'Ajuntament de Sant Sebastià), que en 1923 va

editar un dels primers llibres dedicats al formigó armat: "En España existe respecto a esos países notable diferencia. La rutina y los prejuicios han sido una rémora al desenvolvimiento de este nuevo sistema constructivo [...]".



Hormigón armado,
de Juan Machimbarrena.

Manual de ciment armat,
de S. Crivillès.

Malgrat tot, el formigó es va anar impulsant des de tots els sectors aprofitant els avantatges que oferia a tots els agents –tècnics, constructors i usuaris–, fins al punt que no només agradava als tècnics, sinó que era lloat pels contractistes, com es pot llegir en el "primer manual pràctic a Catalunya i resta d'Espanya en tal especialització", editat en català el 1934 per Salvador Crivillès, contractista d'obres i secretari, en aquell moment, del Centre de Contractistes Generals d'Obres i Mestres de Cases de Barcelona.

Tal va ser la proliferació de la utilització del formigó que finalment l'any 1968 va aparèixer una

normativa espanyola amb el Reial Decret 2987/68 de setembre, pel qual s'aprovà la Instrucció para el Proyecto y la Ejecución de Obras de Hormigón en Masa o Armado, anomenada EH-68, encara que el decret mateix es donava dos anys de termini per esdevenir de caràcter obligatori, termini que va ser ampliat fins al 2 de desembre de 1972 pel Decret 3458/70 de 19 de novembre.

No va ser fins a l'any 1973 que s'aprovà la Instrucció para el Proyecto y la Ejecución de Obras de Hormigón en Masa o Armado - EH-73, en el Decret 3062/73 de 19 d'octubre, que entrava en vigor sis mesos després. S'iniciava així la sèrie EH, que regularment (anys 82, 88 i 91) va veure revisat el seu contingut per la Comisión Permanente del Hormigón, creada per la mateixa EH-68 en el seu article tercer.

El formigó del futur

Vint-i-cinc anys després de la publicació de la primera EH, i no sense haver passat per un estudi acurat, ens arriba la Instrucció de Hormigón Estructural - EHE, aprovada l'11 de desembre de 1998 pel Reial Decret 2661/1998, i que representa tot un canvi de mentalitat en la concepció del material en si.

Aquest canvi es fa obvi només de mirar l'índex, si pensem en els 68 articles i 7 *anejos* que tenia l'EH-73, els quals van passar a ser 73 articles i 8 *anejos* en l'EH-91, i que ara s'han transformant en 99 articles, 13 *anejos* i 4 annexos. Acostumats que una instrucció nova fos la revisió de l'ante-



aïllaments, sa

m a s t è c n i c s

Carrer Migdia, s/n (Antiga Fàbrica Agustí)
Tel. 47 65 63 Fax 47 65 59
17458 Fornells de la Selva (Girona)

TROX
DIFUSIÓ D'AIRE

caralj
VENTILACIÓ IND.

ISOVER
FIBRA DE VIDRE

POLIGLAS
FIBRA DE VIDRE

isoGOMMA
AÏLLAMENT ACÚSTIC

Armstrong
FALSOS SOSTRES

isonic
ABSORBENTS ACÚSTICS

rior, queda ara palès que l'EHE és una nova norma, amb una estructura i distribució de temes que ha fet augmentar la seva extensió. L'explicació de l'extensió cal buscar-la en la memòria de la plana 3, on s'argumenta la fusió que s'ha fet de la normativa que fins ara regulava els elements de formigó: l'EH-91 per als elements de formigó armat i l'EP-93 per als elements de formigó pretensat.

La norma està estructurada en sis títols:

- Bases del projecte
- Anàlisi estructural
- Propietats tecnològiques dels materials
- Càlcul de seccions i elements estructurals
- Execució
- Control

Menció a part mereix un nou capítol (VII) dedicat a la durabilitat, aspecte aquest que també trobem en l'article 8 del capítol II: "Principis

generals i mètode dels estats límits". El conjunt de la instrucció vol estimular la idea que la durabilitat és un aspecte a definir i estudiar des de l'inici del projecte, tenint en compte l'ambient on es col·locarà el formigó, dissenyant elements que no retenguin l'aigua, escollint la relació a/c, contingut de ciment i recobriments adequats, i a més, considerant els factors a tenir en compte en l'execució i manteniment, per arribar a estructures més durables. Així desapareixerà la idea que va imperar durant molt de temps que "la duració del hormigón armado es indefinida" (Juan Machimbarrena, *Hormigón armado*), provocada sobretot per la poca informació que es tenia del material, que amb el temps s'ha anat investigant.

Per això, la instrucció estableix una classificació molt acurada dels diferents ambients a què poden estar exposades les estructures:

CLASSE GENERAL		CLASSE ESPECÍFICA	
Classe I	No agressives	Classe Q	Agressió química: dèbil, mitjana o forta
Classe II	Normal: corrossió diferent de clorurs i segons la humitat	Classe H	Agressió de gelades sense sals fundents
Classe III	Marina: zona aèria, submergida o en zona de marinades	Classe F	Agressió de gelades amb sals fundents
Classe IV	Clorurs no marins	Classe E	Erosió

La importància de la durabilitat arriba fins i tot a la seva designació. Fins ara l'EH-91 designava el formigó segons tres paràmetres predominants (resistència, consistència i grandària màxima de l'àrid), tot i que en l'article 15.2.7.2 marcava les dades que havien de figurar en el full de subministrament del formigó preparat i que eren més que aquestes tres. En l'EHE la designació es fa més complexa i obeeix a la següent llegenda:

T - R / C / TM / A	
T	Indicatiu de tipus: HM Formigó en massa HA Formigó armat HP Formigó pretensat
R	Resistència característica en N/mm ²
C	Consistència
TM	Grandària màxima de l'àrid en mm
A	Designació de l'ambient

La durabilitat apareix també en l'execució, on per primera vegada es regula i recomana la utilització de separadors, per assegurar els recobriments mínims i millorar les condicions per a una major durada de les estructures.

De la mateixa forma, un altre canvi important, el referent a les resistències a compressió, ha estat influenciat pels diferents tipus d'ambient, o sigui, per la durabilitat. Així, el recorregut de resistències comprèn dels 20 als 50 N/mm² (newtons per milímetre quadrat) en trams de 5 N/mm², tot considerant que les resistències mínimes seran de 20 N/mm² per a formigons en massa i de 25 N/mm² per al formigó armat. Ja veiem també que en les unitats s'han obviat els kg/cm² i s'aposta pel sistema d'unitats internacionals, tot i que a efectes pràctics es tractarà de dividir o multiplicar per 10.

Quant a control, la instrucció es centra pràcticament en el control de recepció o extern

(com es designa en l'Eurocodi 2). Aposta clarament per la col·locació de producte procedent de centrals que tinguin una marca o segell de qualitat reconegut (avui segell INCE), encara que no eximeix dels assaigs de control de recepció.

L'EHE responsabilitza la direcció facultativa del control del producte (i dels seus elements) mitjançant la documentació dels components, que ha d'estar reflectida en els albarans de les centrals (tinguin o no tinguin segell) segons els paràmetres que determina l'article 69.2.9.1. Concretament, i a part de les dades referents a la designació abans comentada, els albarans hauran de definir la quanti-

tat de ciment/m³, relació a/c, tipus d'additiu o l'existència d'addicions. També es defineix el control documental de la resta de materials, granulars o ciments, i s'obliga expressament a aquest control quan la planta no tingui segell de qualitat.

El control de la resistència s'estableix en reduït, 100% i estadístic. Desapareix el control intens i s'aposta clarament pel control estadístic a nivell normal; queda així en segon terme i d'una forma més residual el control reduït, potser per la tendència a ser la pràctica habitual. Aquest control s'aplicarà segons la separació de l'obra en els lots que marca la taula 88.4.a.

Límit superior	Tipus d'elements estructurals		
	Estructures que tenen elements comprimits (pilars, piles, murs portants, pilons, etc.)	Estructures que tenen únicament elements sotmesos a flexió (sostres de formigó amb pilars metàl·lics, taulers, murs de contenció, etc.)	Massissos (sabates, estreps de pont, blocs, etc.)
Volum de formigó	100 m ³	100 m ³	100 m ³
Nombre de pasterades (1)	50	50	100
Temps de formigonatge	2 setmanes	2 setmanes	1 setmana
Superfície construïda	500 m ²	1.000 m ²	—
Nombre de plantes	2	2	—

Taula 88.4.a. Determinació de lots. (1) Aquest límit no és obligatori en obres d'edificació

La nova EHE busca una normalització del sector. Per això ja no determina únicament uns mínims de resistència mitjançant un paràmetre (Kn) en funció de la situació administrativa de la planta (tingui segell o no), sinó que aprofundeix en la fabricació del formigó determinant aquest Kn segons la dispersió real del formigó subministrat, de manera que per trobar la resistència estimada del lot (F_{est}) s'estudia el recorregut relatiu màxim, que és una estimació estadística dels valors màxims i mínims i de la seva mitjana a través de la fórmula següent:

$$r = \frac{X_{max} - X_{min}}{X_m}$$

r	Recorregut relatiu màxim
X_{max}	Valor màxim
X_{min}	Valor mínim
X_m	Mitjana dels valors

A partir d'aquest recorregut relatiu màxim s'entrarà a la taula 88.4.b per determinar el Kn a aplicar. Inicialment, a priori, s'acceptarà la classificació donada per la central (en relació amb la seva dispersió de fabricació: A, B o C), i a mesura que s'obtinguin resultats de l'obra s'anirà modificant. En les taules següents tenim l'evolució de l'estimador Kn en les diferents EH. Veiem doncs la necessitat de conèixer a fons aquesta nova norma, i sobretot els seus canvis, que ens afectaran a tots a partir de l'1 de juliol de 1999: feina que el Col·legi d'Aparelladors i Arquitectes Tècnics de Girona va iniciar amb unes jornades tècniques celebrades els dies 26 i 27 de març de 1999, i que continuarà amb tot un seguit de sessions informatives.

N	Formigons fabricats en central							Altres casos
	CLASSE A			CLASSE B		CLASSE C		
	Recorregut relatiu màxim, r	Kn		Recorregut relatiu màxim, r	Kn	Recorregut relatiu màxim, r	Kn	
		Amb segell de qualitat	Sense segell de qualitat					
2	0,29	0,93	0,90	0,40	0,85	0,50	0,81	0,75
3	0,31	0,95	0,92	0,46	0,88	0,57	0,85	0,80
4	0,34	0,97	0,94	0,49	0,90	0,61	0,88	0,84
5	0,36	0,98	0,95	0,53	0,92	0,66	0,90	0,87
6	0,38	0,99	0,96	0,55	0,94	0,68	0,92	0,89
7	0,39	1,00	0,97	0,57	0,95	0,71	0,93	0,91
8	0,40	1,00	0,97	0,59	0,96	0,73	0,95	0,93

Taula 88.4.b. Determinació Kn.

N	Formigons fabricats en formigonera	Formigons fabricats en central
1	0,67	0,84
2	0,75	0,88
3	0,80	0,91
4	0,84	0,93
5	0,87	0,94
6	0,89	0,95
7	0,91	0,96
8	0,93	0,97
10	0,96	0,98
12	0,98	0,99
14	1,00	1,00
16	1,02	1,01
18	1,04	1,02

Valors de Kn. EH-73.

N	Formigons fabricats en central, amb control sistemàtic molt acurat de totes les operacions	Altres casos
2	0,88	0,75
3	0,91	0,80
4	0,93	0,84
5	0,94	0,87
6	0,95	0,89
7	0,96	0,91
8	0,97	0,93
10	0,98	0,96
12	0,99	0,98
14	1,00	1,00
16	1,01	1,02
18	1,02	1,04

Valors de Kn. EH-82.

N	Formigons fabricats en central, amb control de producció segons 15.2.8		
	Amb supervisió externa independent	Sense supervisió externa dependent	Altres casos
2	0,90	0,88	0,76
3	0,93	0,91	0,81
4	0,95	0,93	0,86
5	0,96	0,95	0,89
6	0,97	0,96	0,92
7	0,98	0,97	0,94
8	0,99	0,98	0,96

Valors de Kn. EH-88.

N	Formigons fabricats en central, amb laboratoris segons 63.a		
	Amb segell de qualitat oficialment reconegut	Sense segell de qualitat oficialment reconegut	Altres casos (63.b)
2	0,90	0,88	0,76
3	0,93	0,91	0,81
4	0,95	0,93	0,86
5	0,96	0,95	0,89
6	0,97	0,96	0,92
7	0,98	0,97	0,94
8	0,99	0,98	0,96

Valors de Kn. EH-91.

Targeta Unidiversitat



La de les temptacions més diverses

Irresistible!

Descomptes i
avantatges

Idiomes, Gimnassos, Botigues,

Carnets de conduir, Perruqueries,

Assegurances, Bars & Music, Esports d'Aventura, Cinemes

I encara moltes temptacions més com els avantatges de Caixa Jove! T'ho perdràs?

...I les ofertes de material
de La Botiga d'Unidiversitat:

Llibres, Papereria,

Ordinadors...



Demana-la a qualsevol oficina de "la Caixa"
o a La Botiga d'Unidiversitat al Campus
de Montilivi de la Universitat de Girona.
I si vols informar-te'n millor, truca al telèfon

902 355 553

o connecta't al web

www.caixajove.com

caixa
jove 

Esquerdes en paviments: Mesures per evitar problemes

68

Joan M. Gelada Casellas

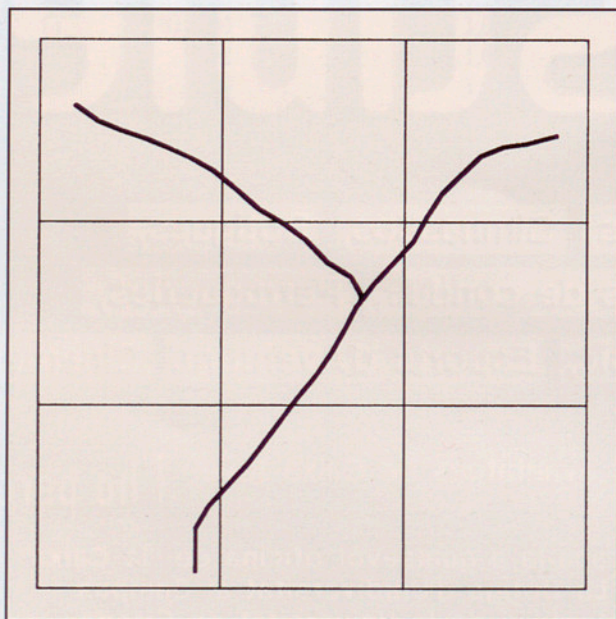


Figura 1.
Les fissures del paviment coincideixen amb les del morter.

Fa uns 3 o 4 anys que en les revistes *BICCE* i *CERCHA* es tracta aquest problema, que es produeix en les peces de paviments de poc gruix en general i no només en els paviments de gres en particular.

Les esquerdes es presenten per dues causes

A. Per la dilatació de les peces i el morter base, que queda coaccionada per les parets laterals de les dependències. Això produeix l'efecte de bombament en el centre del tram, on les peces comprimides troben un equilibri en separar-se del suport de morter, i aquesta unió es trenca per tracció.

Aquest fet s'agreuja pel costum de no fer juntes entre peça i peça, ja que és ben clar que les juntes són espais d'elasticitat major entre les peces, que són més rígides, i faciliten la transmissió i acumulació de les tensions.

B. Per les deformacions del sostre (retraccions o fletxes) o deformacions (normalment retraccions) de la capa de morter de sota les peces.

La capa de morter redueix la grandària en patir retraccions. La cara inferior del gruix de morter està lliure per experimentar la reducció. En canvi la cara superior (la que està adherida a les peces del paviment) està coartada. El resultat teòric és la curvatura del paviment i morter a cada costat de les fissures de retracció del morter. Així, la peça ceràmica del paviment queda sotmesa a flexió en la part de peça situada sobre la fissura i es trenca per aquest efecte, amb compressions a la cara vista.

Això provoca, en principi, petites fissures només visibles a contrallum, que algunes vegades augmenten fins a trencar la capa d'esmalt de sobre de la peça ceràmica, i que solen tenir forma de "Y" (Figura núm. 1).

Cal dir que en altres tipus de paviments de més gruix (per exemple *terrazzo*) aquests efectes no es solen produir, per la dificultat de corvar la peça, quan es produeixen les retraccions del morter on està aferrada.

Les solucions que apuntem davant d'aquests problemes són les següents:

- En el cas A, quasi sempre n'hi ha prou d'interrompre les tensions i deformacions amb juntes de moviment, que no només hauran d'absorbir les deformacions tèrmiques, sinó també altres que poden tenir major magnitud, com la retracció de l'estructura de formigó, les deformacions elàstiques, etc.

Normalment, en dependències de mida petita o normal (10 o 15 m²) resulta suficient col·locar aquesta junta en tot el perímetre de la dependència. La junta pot ser, per exemple, de poliestirè expandit de 0,5 cm a 1 cm de gruix, o de làmina d'escuma de polietilè o polietilè expandit de 0,5 o 0,8 cm de gruix. Recordem que en un paviment col·locat a l'estesa, la junta s'ha de col·locar abans de l'extensió del morter, perquè absorbeixi tant les possibles tensions d'aquest com les de les peces del paviment (Figura núm. 2). Quan les dependències tenen una major superfície o són molt llargues (per exemple, en passadissos), aquesta mesura pot resultar insuficient i

caldrà col·locar una o més juntes intermèdies. Cal també recordar que la junta perimetral es necessària també en dependències amb les parets revestides de rajola (cuines i banys).

Pel que fa al tipus de morter de base, ens hem de remetre al que assenyalarem en el cas B.

- En el cas B, hem de pensar en dues solucions: la primera, col·locar el paviment després de produir-se la retracció de la capa de morter; i la segona, reduir la retracció d'aquesta capa en la col·locació a l'estesa.

La primera solució ens porta a un procés d'execució diferent: col·locació de la capa de morter de pòrtland o mixt sense oblidar les juntes de moviment (d'alçada suficient per també rebre i absorbir les tensions del paviment) i, un cop passat el període d'enduriment i quan ja s'han produït les esquerdes de retracció, col·locar les peces amb ciment cola.

En la segona solució, que es basa en la reducció de la retracció de la capa de morter, es tracta de buscar una dosificació adequada i controlada en tot moment, que quasi anul·li la retracció i, al mateix temps, assegurí una bona adherència de la peça al morter de sota. En les

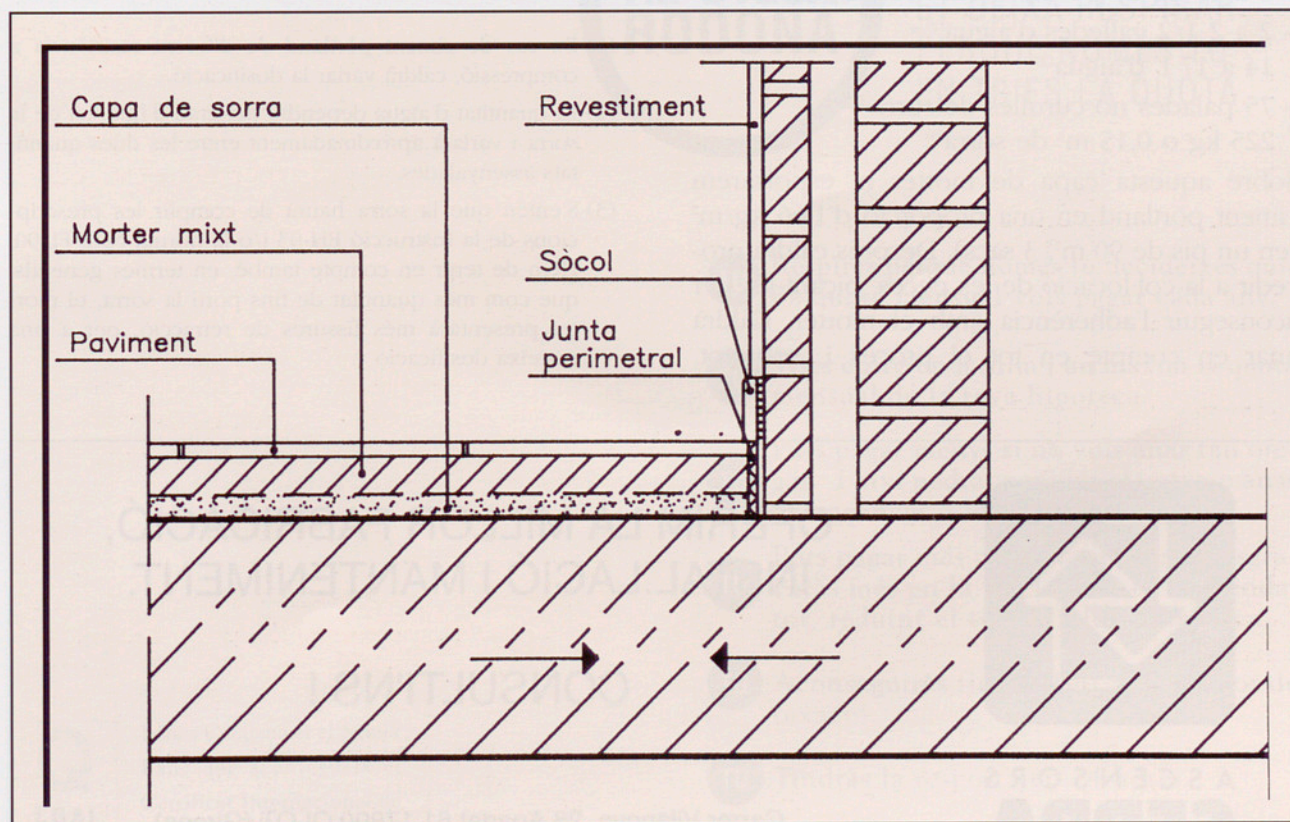


Figura 2.
Junta perimetral i detall del paviment.

dues solucions, cal tenir en compte tant la formació de les juntes de moviment per absorbir les tensions a què està sotmès el paviment, com la capa de sorra de base, perquè els possibles i normals moviments del sostre no afectin el paviment. Val a dir també que, com més gruixuda és la capa de morter, menys curvatura presenta, segons va experimentar en laboratori l'arquitecte tècnic Francisco García Olmos (vegeu *BICCE* núm. 2, del 1996).

La pregunta que ens queda per contestar és quina dosificació compleix els requisits abans esmentats per aplicar la segona solució (col·locació a l'estesa). La resposta a aquests problemes quasi sempre se sol trobar en la pràctica dels col·locadors veterans, amb uns dels quals (els germans Rochas) treballem en col·laboració en algunes obres des de fa anys, sense que normalment se'ns hagi presentat cap problema d'aquest tipus. Apuntarem aquesta dosificació tal com es carrega en una amassadora de 250 l, i la "traduirem" en mesures convencionals.

- 2 s/c de calç =
22 kg d'hidròxid càlcic [Ca (OH)₂]
- de 2 a 2 1/2 palades de ciment pòrtland⁽¹⁾=
8 a 10 kg de pòrtland CEM II/A-Z 32,5 R⁽¹⁾
- 2 a 2 1/2 galledes d'aigua⁽²⁾=
14 a 17 l. d'aigua⁽²⁾
- 75 palades no curulles de sorra⁽³⁾=
225 kg o 0,15 m³ de sorra⁽³⁾

Sobre aquesta capa de morter hi espolsarem ciment pòrtland en una proporció d'1,66 kg/m² (en un pis de 90 m², 3 sacs). Després caldrà procedir a la col·locació de les peces, picant-les per aconseguir l'adherència amb el morter. Caldrà anar en compte en tot el procés i, sobretot,

escampar el morter i col·locar les peces en funció de la temperatura i la humitat ambient, tot evitant que la capa superficial del morter comenci a endurir-se, ja que es produiria una adherència deficient amb les peces del paviment.

En aquesta segona solució cal tenir en compte, doncs, que cal un seguiment exhaustiu del procés d'elaboració del morter i de la col·locació, ja que qualsevol alteració pot comportar resultats no desitjats. D'aquí que la nostra recomanació és que, cas d'establir aquest sistema de col·locació a l'estesa, es faci només amb operaris de reconeguda eficàcia o se sotmeti el procés a un control continuat.

S'ha de tenir en compte, també, que aquesta segona solució no es recomanable per a peces de gres tipus "compacte", ja que per a aquest tipus de material els mateixos fabricants recomanen la col·locació amb ciment cola, és a dir, la primera solució.

Joan M. Gelada i Casellas
Aparellador

Notes

- (1) En cas de ciment pòrtland de diferent resistència a compressió, caldrà variar la dosificació.
- (2) La quantitat d'aigua dependrà del grau d'humitat de la sorra i variarà aproximadament entre les dues quantitats assenyalades.
- (3) S'entén que la sorra haurà de complir les prescripcions de la Instrucció EH-93 i/o la norma NBE-FL-90. Hem de tenir en compte també, en termes generals, que com més quantitat de fins porti la sorra, el morter presentarà més fissures de retracció, per a una mateixa dosificació.



ASCENSORS
SERRA

OFERIM LA MILLOR FABRICACIÓ,
INSTAL·LACIÓ I MANTENIMENT.

CONSULTI'NS !

Carrer Vilanova, 28 Apartat 61 17800 OLOT (Girona)
Tel. 26 05 00 - 26 18 65 Fax 26 92 03



LES HIPOTEQUES QUE OFEGUEN JA HAN PASSAT A LA HISTÒRIA.

**HIPOTECA
RODONA**

LA PRIMERA
HIPOTECA QUE
ET DEIXA RESPIRAR
PERQUÈ NOMÉS TU
EN TRIES LA QUOTA.

- TU** Respiras perquè només tu decideixes quina quota mensual vols pagar cada any.
- TU** Tries entre un mínim i un màxim la quota mensual de la teva hipoteca.
- TU** Pots pagar menys si no vols anar tan ofegat. I així podràs canviar el cotxe o anar de vacances o fer el que tu vulguis.
- TU** Pots pagar més quota i, per tant, desgravaràs més en la Declaració de la Renda, tot reduint el termini de la hipoteca.
- TU** Aconseguiràs fins al 100 % del valor de taxació.
- TU** Tindràs la resposta en 24 hores.



Banca Catalana és el primer Banc que aconsegueix el Certificat Internacional de Qualitat ISO 9002 pels seus préstecs hipotecaris.

PER A MÉS INFORMACIÓ **900 33 22 11**

 **BANCA CATALANA**

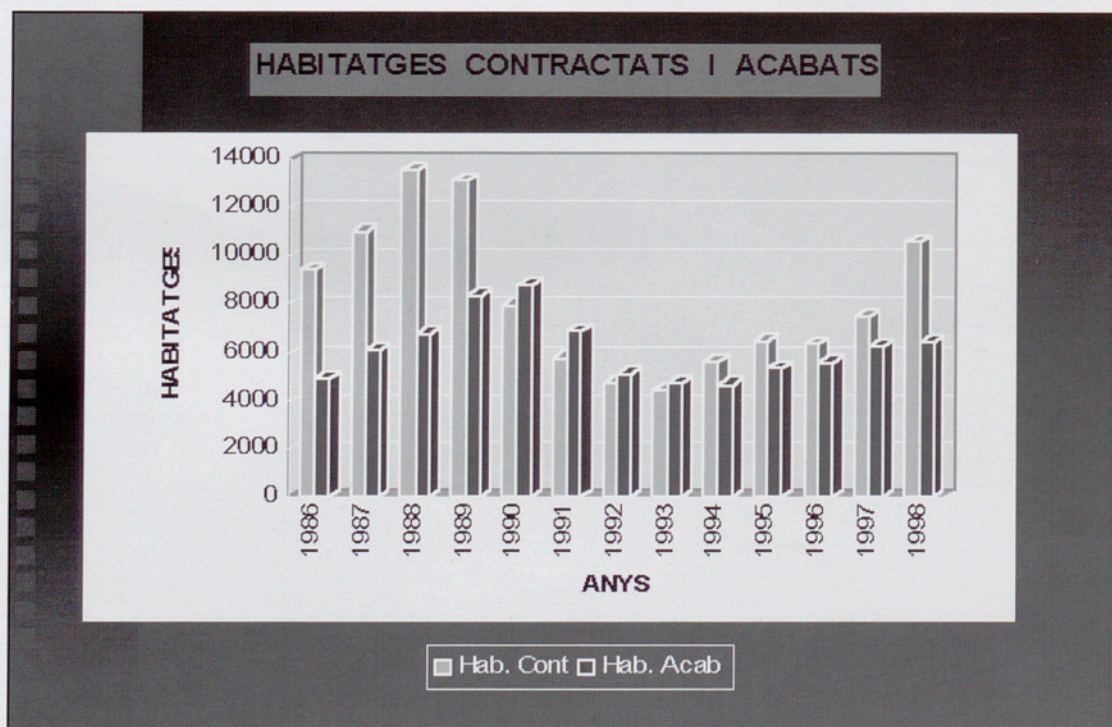
Evolució de l'edificació a Girona el 1998

Per entendre el que ha estat l'any 1998 per a l'edificació a Girona, cal que donem un cop d'ull al que ha succeït en els anys anteriors; és per aquest motiu que reproduïm en aquesta pàgina el gràfic que ens permet tenir-ne una visió de conjunt, i així, veient un cicle complet, podrem intuir el que ens espera per als propers anys.

És evident que l'economia va bé, i l'edificació n'és un exemple molt clar, ja que durant l'any 1998 a Girona s'han contractat més de 10.000 habitatges, xifra no assolida des de feia 8 anys.

Els primers mesos d'aquest any 1999 no fan més que confirmar el bon moment pel qual estem passant i, per tant, podem suposar que enguany estarem en les mateixes condicions que el 1988 o el 1989. Penso que si mirem el gràfic que segueix, on hi ha reflectides les dades des de 1986, podrem imaginar el que passarà els propers anys.

La construcció ha viscut uns períodes de creixement i de crisi alternatius d'una durada aproximada de deu anys; és evident que ara estem en un període de creixement.



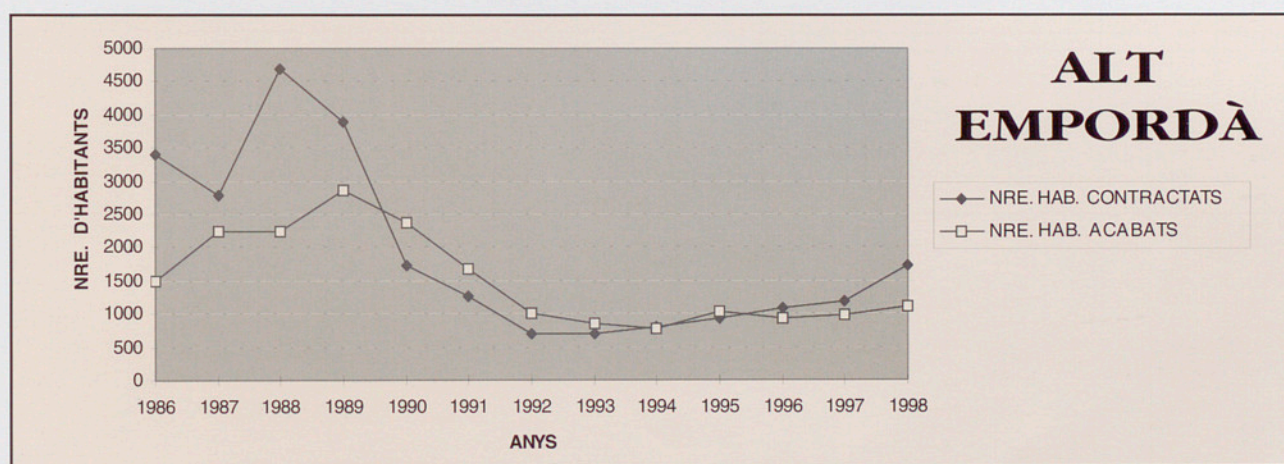
Evolució per comarques

Les comarques no han tingut una evolució semblant al comportament general, ja que cada una té la seva idiosincràsia i no totes van al mateix ritme.

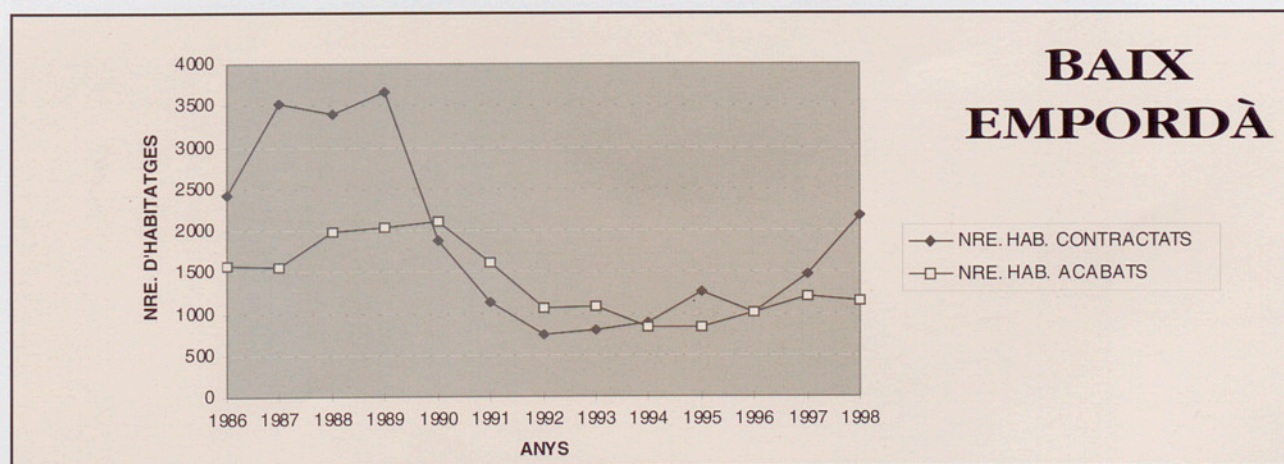
El Gironès continua essent la comarca amb més regularitat i bon nivell de contractació. Les comarques costaneres són les que s'emporten la major part de la contractació, però han estat les

més sensibles als períodes de crisi, mentre que les interiors han estat més regulars, encara que tenen un nivell de contractació molt més petit. En aquestes comarques interiors no té tanta incidència la segona residència, que en canvi és la més abundant a la franja de la costa.

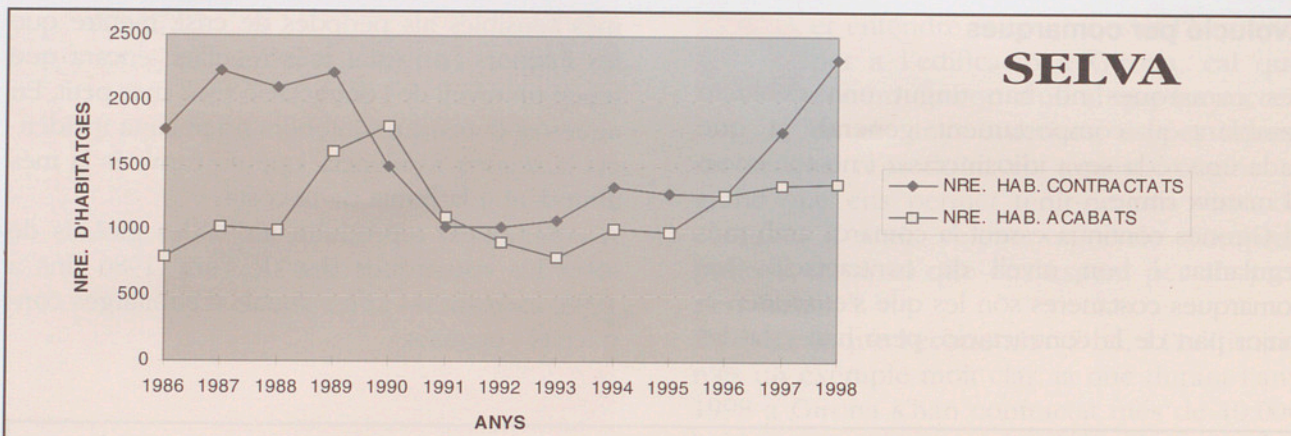
A continuació reproduïm les dades globals de totes les comarques des de l'any 1986 fins a 1998, indicant les xifres anuals d'habitatges contractats i acabats.



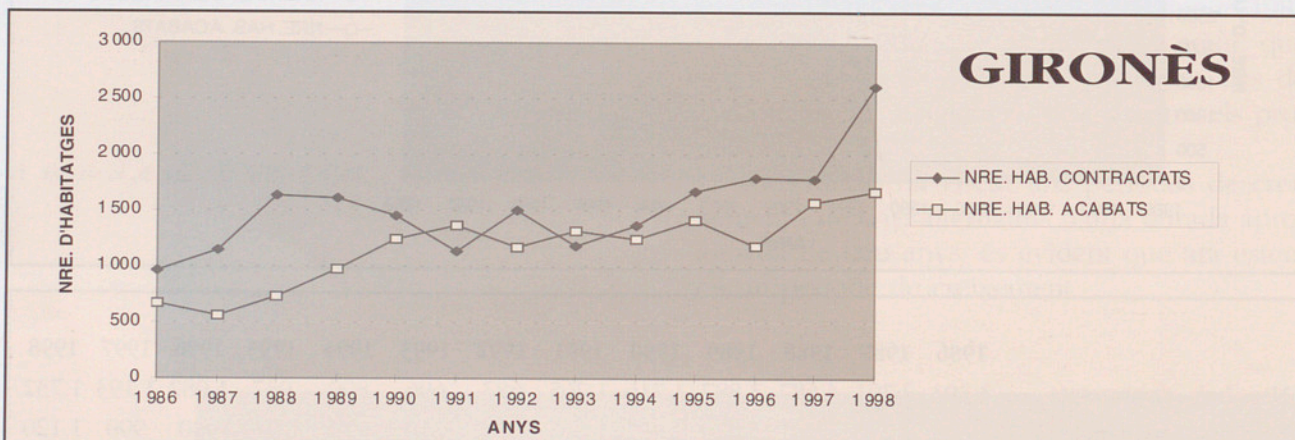
	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Nre. hab. contractats	3.393	2.791	4.687	3.887	1.716	1.265	683	696	809	937	1.082	1.193	1.732
Nre. hab. acabats	1.503	2.230	2.241	2.870	2.373	1.665	1.002	850	774	1.027	940	990	1.120



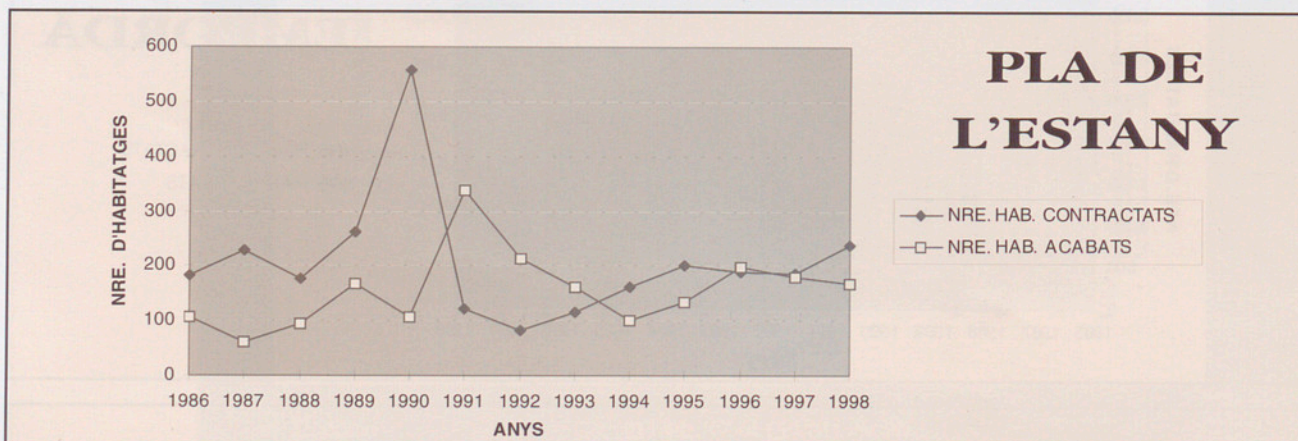
	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Nre. hab. contractats	2.430	3.523	3.403	3.669	1.882	1.130	735	788	893	1.248	1.007	1.471	2.184
Nre. hab. acabats	1.583	1.549	1.978	2.041	2.104	1.615	1.070	1.073	832	835	1.001	1.198	1.159



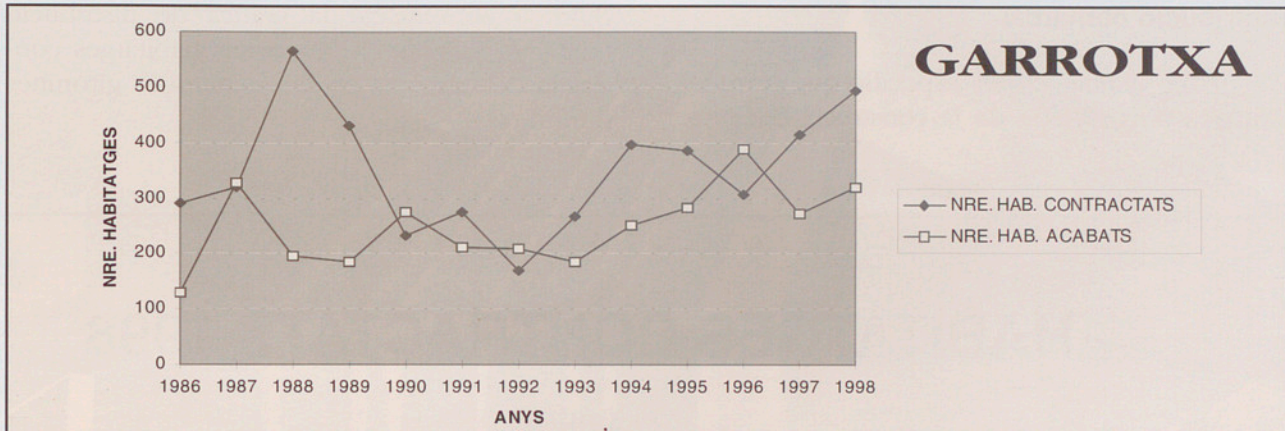
	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Nre. hab. contractats	1.778	2.235	2.099	2.216	1.491	1.031	1.034	1.077	1.338	1.289	1.274	1.770	2.324
Nre. hab. acabats	801	1.032	1.009	1.612	1.800	1.108	917	799	1.012	998	1.270	1.357	1.366



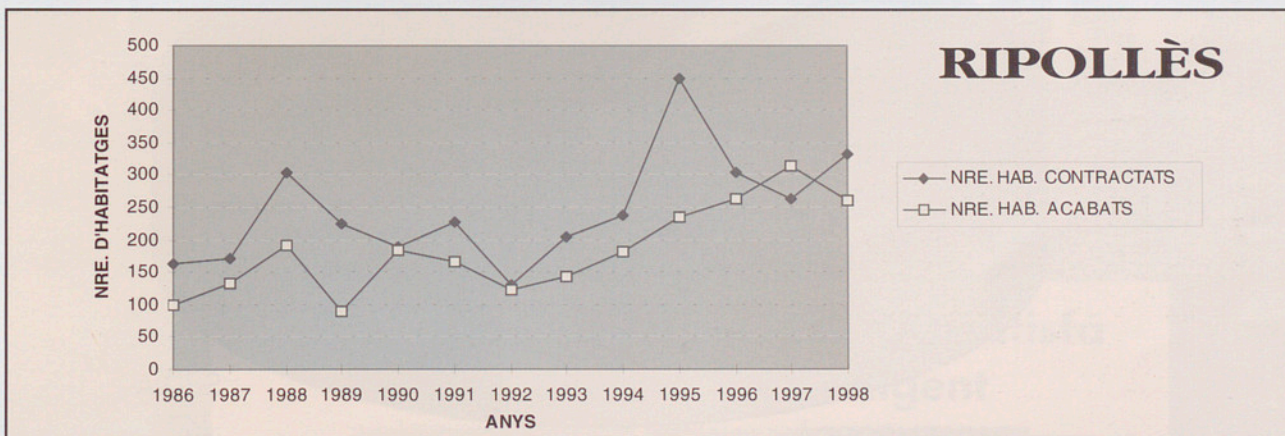
	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Nre. hab. contractats	963	1.141	1.636	1.606	1.456	1.136	1.494	1.187	1.368	1.667	1.794	1.778	2.613
Nre. hab. acabats	671	556	731	977	1.243	1.370	1.166	1.311	1.241	1.418	1.184	1.575	1.668



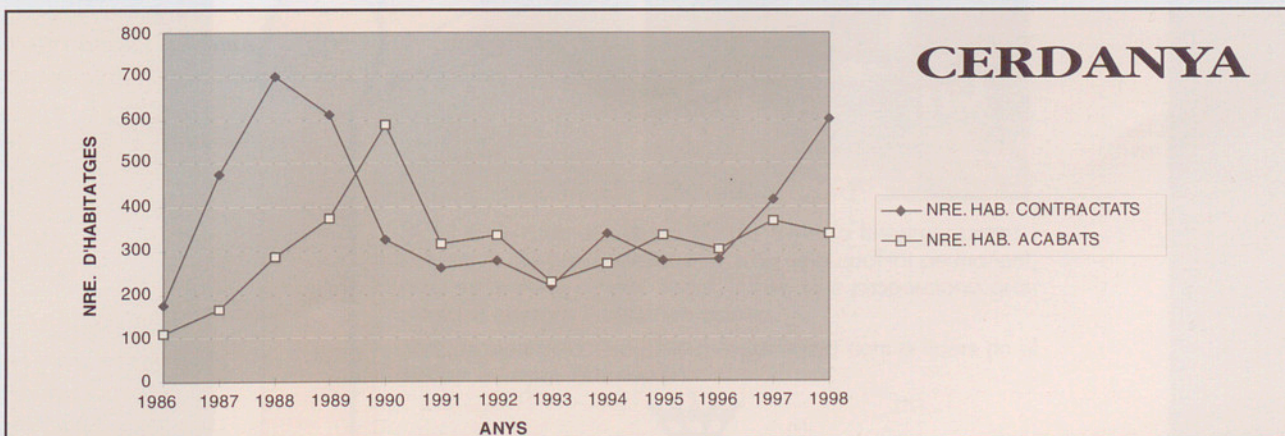
	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Nre. hab. contractats	183	228	176	262	557	122	83	117	161	202	190	185	237
Nre. hab. acabats	107	61	95	167	108	338	214	162	101	133	197	181	168



	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Nre. hab. contractats	292	321	566	431	233	275	168	267	396	387	306	415	495
Nre. hab. acabats	129	328	195	184	276	211	209	184	251	283	389	273	320



	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Nre. hab. contractats	162	170	303	224	188	227	129	205	238	448	304	263	331
Nre. hab. acabats	99	133	191	89	184	166	123	143	180	234	263	314	259



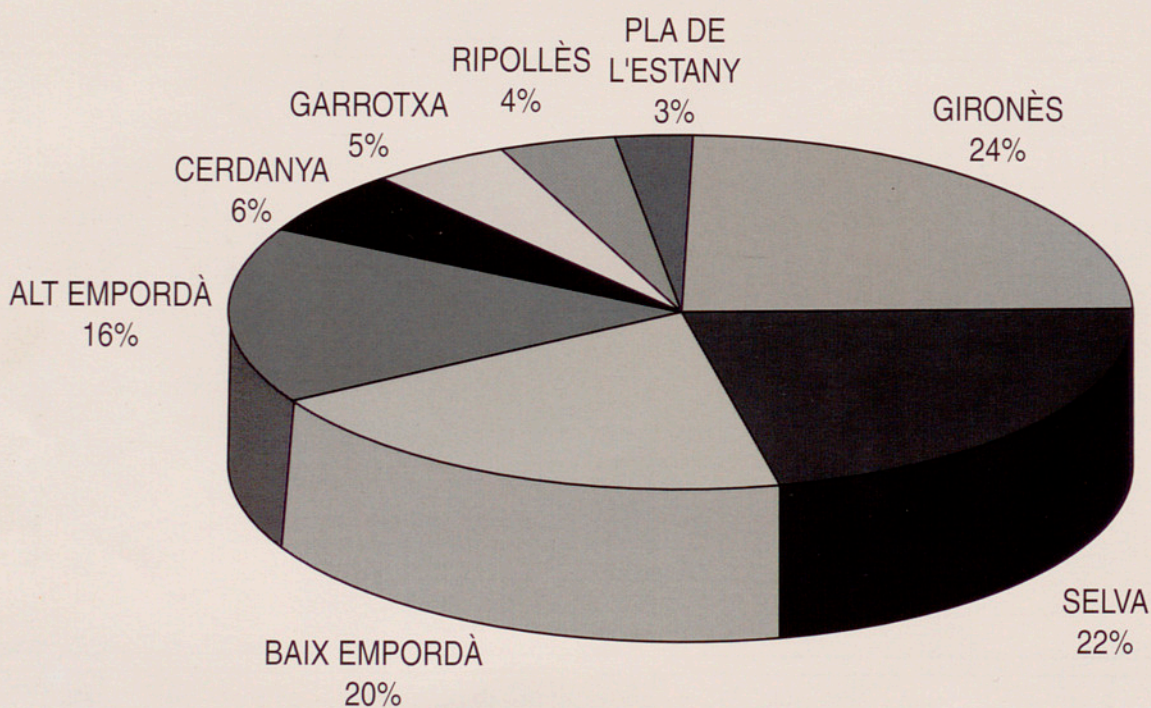
	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Núm. hab. contractats	174	474	699	610	326	260	275	218	338	275	280	416	602
Núm. hab. acabats	110	166	285	373	589	316	336	227	269	325	303	366	338

Distribució comarcal

Per poder avaluar el pes específic que té cada comarca dins el món de la construcció, repre-

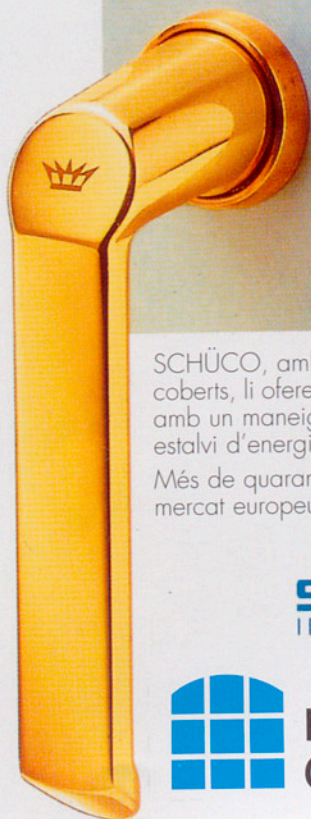
duïm a continuació la gràfica de distribució comarcal, on podem veure els habitatges contractats a cada una de les comarques gironines durant el 1998.

HABITATGES CONTRACTATS 1998





El sistema ROYAL de SCHÜCO satisfà l'arquitectura més exigent



SCHÜCO, amb el sistema ROYAL S per a finestres, portes i coberts, li ofereix un disseny atractiu, una qualitat permanent, amb un maneig simple, segur, fiable, que proporciona gran estalvi d'energia i aïllament acústic.

Més de quaranta-cinc anys d'experiència com a líders en el mercat europeu ens avalen.


SCHÜCO
INTERNATIONAL



**metà·lics
cabratosa**

C/ Can Pau Birol, 42
Tel./Fax 972 23 24 04
17005 GIRONA

Noval!

Llibreta 25 mesos



**Estalviï's un 30%
d'impostos**



Caixa de Girona