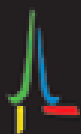


monogràfic

Arquitectura i canvi climàtic a Catalunya

tema central

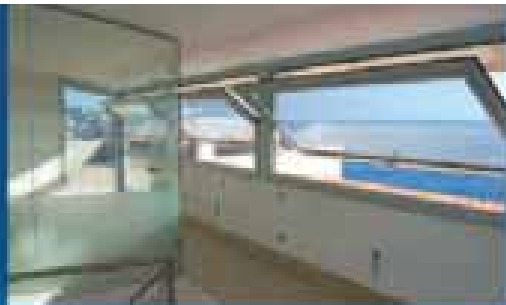
El campanar de la catedral de Girona: passat i present d'un símbol



Obra nova, Reformes, Rehabilitació...

TANCAMENTS D'ALUMINI I PVC

- ✓ *Millor aïllament*
- ✓ *Menor manteniment*
- ✓ *Major durabilitat*



ORMETAL

C/ Llevant, 7 Pol. Ind. Mas Lladó **FORNELLS DE LA SELVA (GIRONA)**
ormetal@ormetal.es ☎ **972 47 61 27**



Mia Masgrau

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

DIRECCIÓ:
FRANCESC XAVIER BOSCH ARAGÓ

COORDINACIÓ:
MIA MASGRAU I VENTURA

CONSELL DE REDACCIÓ:
JOSEP M. ARJONA BORREGO
RAMON CEIDE GÓMEZ
JOAN MARQUÈS PALOMERAS
BERNAT MASÓ CARBÓ
MIQUEL MATAS NOGUERA
ERNEST OLIVERAS AUMALLÉ
JOAN M. PAU NEGRE
RAMON RIPOLL MASFERRER
ENRIQUETA SOLER REGUERA
NARCÍS SUREDA DAUNIS
FRANCESC XIFRA GIRONÈS

COL·LABOREN EN AQUEST NÚMERO:
DAVID BRUSI
JOSEP MAS-PLA
CARLES ROQUÉ
GABRIEL BARBETA SOLÀ
ÀLEX PUIG COLL
XAVIER BUSTAMANTE PUJADAS
ALBERTO SANZ LEÓN
ALBERT SOROLLA EDO
JOAQUIM BOSCH BOSCH
JOAN RISTOL PERXÉS
SÒNIA VERGÉS ROIG
NARCÍS SUREDA DAUNIS
JORDI VILÀ ALSINA
JOAN M. PAU NEGRE

CORRECCIÓ:
M. ROSA GALLART

DISSENY GRÀFIC:
POZO & VIÑETA

IMPRESSIÓ:
MILENIO SERVEIS

MAQUETACIÓ:
MASGRAU-YANI DISSENY SL

DOCUMENTACIÓ:
SERVEIS COL·LEGIALS I ADMINISTRATIUS
DEL COAIATG

DIPÒSIT LEGAL: GI-427-1988

ISSN 2013-1224

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.

S U M A

la punxa



52

2011

editorial	3
monogràfic	
Geologia, canvi climàtic i arquitectura David Brusi / Josep Mas-Pla / Carles Roqué	6
Materials ecobioconstructius sostenibles Gabriel Barbeta Solà	20
Aportacions de la jardineria integrada als edificis Àlex Puig Coll	28
Estratègies per reduir l'impacte ambiental de l'edifici en la seva fase d'ús Xavier Bustamante Pujadas / Alberto Sanz León	32
L'ús de les tècniques de bioenginyeria en àmbits fluvials Albert Sorolla Edo / Joaquim Bosch Bosch	48
tema central	
El campanar de la catedral de Girona: passat i present d'un símbol Joan Ristol Perxés / Sònia Vergés Roig	66
parlem de...	
Els meus carrers (VIII) Narcís Sureda Daunis	92
article tècnic	
La fractura del vidre Jordi Vilà Alsina	98
vivències	
Canvi climàtic instantani Joan M. Pau Negre	106
activitats col·legials	
Exposicions Actes diversos Activitats formatives Sessions informatives	



Hi ha termes que, a força de sentir-los, es tornen familiars i perden el seu valor original. Així, tots ens hem acostumat a sentir a parlar de *sostenibilitat, canvi climàtic, escalfament global...*

En aquest àmbit sovint ens sembla que, igual que en el de la globalització, nosaltres poc hi podem fer. La Terra sempre ha tingut cicles d'escalfament i refredament: a l'edat mitjana la temperatura era més càlida, i més enllà, fa 14.000 anys, hi va haver un important escalfament; el món científic documenta fins a set canvis climàtics.

Però en aquests darrers mesos han tornat a agafar força els termes *estalvi energètic i sostenibilitat*. Davant l'encariment de l'energia, la pujada del preu del petroli i del rebut de la llum, tots procurem reduir consums, encara que ho fem per estalviar diners i no per salvar el món. Aprofitem, doncs, aquesta onada en sentit positiu i pensem que les nostres iniciatives, encara que sigui a nivell personal i a petita escala, en multiplicar-se per milions de ciutadans segur que es convertiran en accions importants a nivell global.

A nosaltres ens toca fer que els edificis siguin més eficients, amb menys consum energètic i, en definitiva, neutres en el medi ambient, tant pel que fa a la seva construcció com durant la seva vida útil.

Ernest Oliveras Aumallé
President

e d i t o r i a l



MONOGRÀFIC

Arquitectura i canvi climàtic a Catalunya

Geologia, canvi climàtic i arquitectura

6

David Brusi
Josep Mas-Pla
Carles Roqué

Introducció

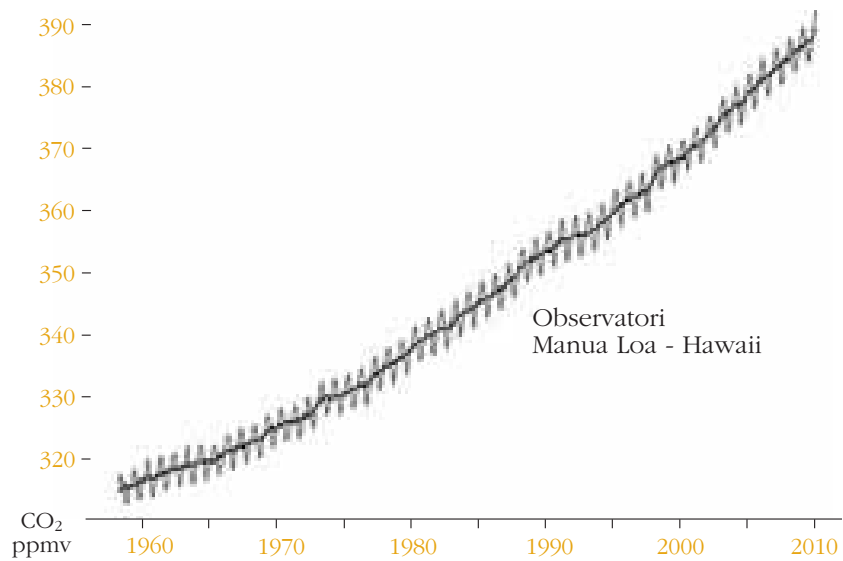
Nombroses investigacions han establert una relació directa entre l'activitat antròpica i el canvi climàtic. Malgrat que encara subsisteixen alguns corrents d'opinió que en discrepen, són una majoria aclaparadora els científics que han demostrat que l'ascens progressiu de les temperatures de les darreres dècades ha estat induït i accelerat per la incorporació artificial a l'atmosfera de quantitats creixents de gasos que accentuen l'efecte hivernacle (GEH). Com és sabut, l'absorció energètica de la radiació solar per part de diversos gasos com el diòxid de carboni, el metà o l'ozó, entre d'altres, contribueixen a l'escalfament de l'aire.

En aquest procés, adquireix un protagonisme especial l'increment de les concentracions atmosfèriques de CO₂ procedent de l'ús de combustibles fòssils, entre altres causes. Les mesures instrumentals contínues de la seva presència en l'atmosfera ja disposen de registres de més de 50 anys (vegeu Figura 1). El 2010, la densitat mitjana d'aquest gas a l'atmosfera va ser de 387 ppm, la concentració més elevada dels últims 420.000 anys. A més, durant el període 2000-2008 les emissions han augmentat a una taxa anual del 3,4%, comparada amb l'increment mitjà anual d'un 1% durant la dècada dels anys 90 (Llebot, 1997, 2009) i es preveu que continuïn a l'alça durant el segle XXI, en funció de determinats escenaris de desenvolupament (IPCC, 2001, 2007).

És evident que els efectes del canvi climàtic afecten la dinàmica de la Terra. Les perturbacions de l'equilibri entre l'atmosfera, la hidros-

Una majoria aclaparadora de científics han demostrat que l'ascens progressiu de les temperatures de les darreres dècades ha estat degut a la incorporació artificial a l'atmosfera de gasos que accentuen l'efecte hivernacle (GEH). És evident que els efectes del canvi climàtic afecten la dinàmica de la Terra

Figura 1. Dades instrumentals de la concentració atmosfèrica de CO₂ mesurades a l'observatori de Mauna Loa (Hawaii) al llarg dels darrers 50 anys. (Font: NOAA Earth System Research Laboratory Scripps Institution of Oceanography, <http://www.esrl.noaa.gov>, extret de Martín-Chivelet, 2010).



fera, la geosfera i la biosfera desencadenen interaccions complexes i ja han començat a influir en l'activitat humana i en l'ocupació del nostre planeta. Les conseqüències ambientals, socials i econòmiques de l'escalfament atmosfèric han generat certa alarma social i un fort ressò mediàtic. També han desvetllat la convicció ferma de promoure actituds i estratègies que minimitzin l'impacte antròpic que el provoca i que alhora permetin predir i prevenir els riscos que se'n puguin derivar.

No hi ha una certesa absoluta sobre el ritme dels canvis que pronostiquen els models climàtics ni sobre la capacitat de reequilibri natural del sistema. Tanmateix, la percepció pública dels presumibles efectes del canvi climàtic d'origen antropogènic ha servit per qüestionar la sostenibilitat d'un model de creixement i per promoure un debat que ha de conduir a una transformació profunda de moltes parcel·les d'activitat. Per enfrontar aquest reptes, s'imposen –individualment i col·lectivament– dues línies d'actuació. En primer lloc, treballar per la mitigació dels efectes responsables del canvi climàtic. El punt més rellevant fa esment a la disminució d'emissions de GEH, ja acordat en el protocol de Kyoto i ratificat en posteriors cimeres. És una tasca a nivell internacional, influïda per factors geopolítics i econòmics, que ha de permetre reduir les emissions i cercar noves estratègies que siguin curoses amb la preservació ambiental.

La segona línia d'actuació és l'adaptació als efectes del canvi global. Cal conèixer els riscos que es deriven dels possibles escenaris del forçament climàtic i adoptar mesures que ens preparin per enfrontar-los. En aquest context, l'activitat constructiva i el sector de l'edificació també hi estan implicats.

Activitat constructiva i ocupació del territori

El continu procés d'ocupació territorial per part de les activitats humanes ha comportat, especialment en el darrer mig segle, una

transformació molt elevada del medi que ha comportat diferents graus d'alteració dels processos naturals i de sobreexplotació dels recursos.

Aquesta transformació ha estat executada, fins fa poc, sense una planificació a gran escala i sense una avaluació metòdica dels impactes que podia causar, entenent com a tals les alteracions del medi que indefectiblement impliquen una pèrdua de qualitat de l'entorn, pertorben les característiques naturals i provoquen, en alguns casos, notables despeses per mantenir o recuperar els valors ambientals inicials.

La població es concentra a les àrees urbanes, on l'activitat industrial i la intervenció urbanística tendeix a desenvolupar-se en una superfície molt reduïda. A escala mundial, més de la meitat de la població viu en zones urbanes (aglomerada en grans ciutats). Es preveu que l'any 2050 tres quartes parts de la humanitat visqui en grans megalòpolis. D'altra banda, també és evident una major densificació del poblament de les àrees costaneres. Avui en dia, el 75% dels habitants del planeta es concentren en zones properes a les costes. A Catalunya, la franja litoral acull gairebé el 45% de la població, tot i que només representa un 6,6 % de la seva superfície. Si considerem com a zona litoral els 20 primers quilòmetres, les persones que hi viuen s'aproximen al 70% dels habitants de casa nostra. La població "flotant", les segones residències i l'oferta turística establerta a la zona costanera representen, respectivament, un 67,9%, un 74,9% i un 86% de la de tot el territori (Tulla *et al.*, 2005). Les àrees urbanes concentren els impactes directes de l'activitat

A escala mundial, més de la meitat de la població viu en zones urbanes, on l'activitat industrial i la intervenció urbanística tendeix a desenvolupar-se en una superfície molt reduïda. També és evident una major densificació del poblament de les àrees costaneres i la connectivitat entre aquestes zones provoca una ampliació continuada de les obres d'infraestructura

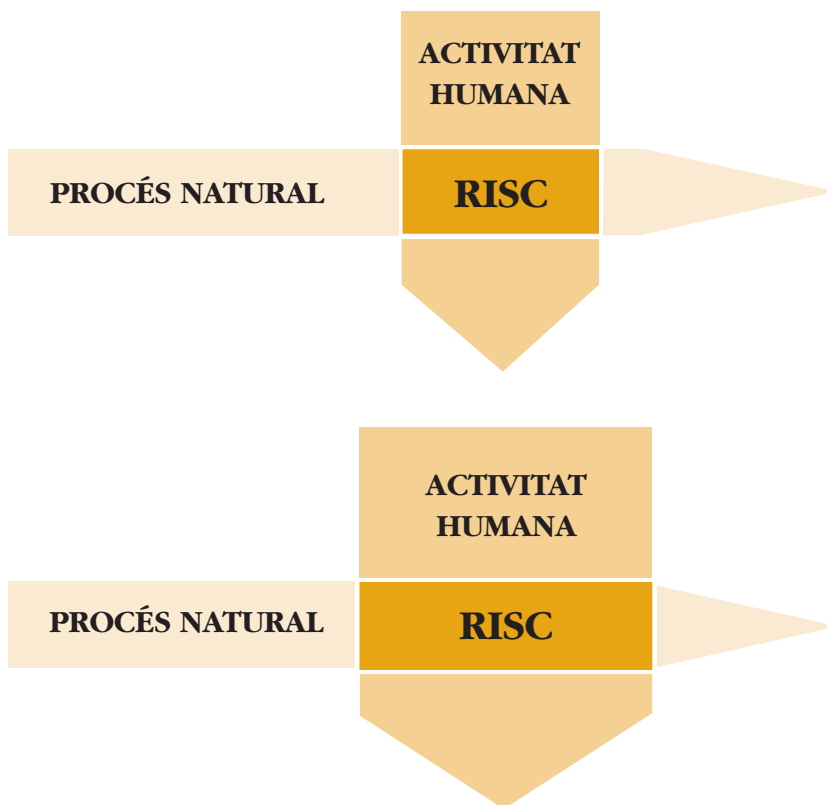


Figura 2. La idea de risc sorgeix de la interferència entre processos naturals actius i l'activitat humana. L'increment en l'ocupació del territori per part de l'activitat humana fa que augmenti la capacitat d'interferència amb els processos naturals i, amb això, el risc potencial. (Brusi i Roqué, 1998).

constructiva, que s'accentuen encara més a la façana litoral. D'altra banda, la connectivitat entre aquestes zones provoca una ampliació continuada de les obres d'infraestructura (vies de comunicació, aeroports, ports, provisió de serveis,...) i la petjada ecològica que se'n deriva. Complementàriament, a l'entorn dels grans nuclis poblacionals, l'expansió de les urbanitzacions difuses comporten una major dependència dels habitants del transport particular en els seus desplaçaments quotidians que incrementa el consum de petroli (Pié *et al.*, 2005). La densificació en l'ocupació del territori augmenta l'abast dels impactes, alhora que suposa una major exposició als riscos derivats dels fenòmens naturals extrems (vegeu Figura 2).

Edificació i estalvi energètic

S'hauran de considerar estratègies de mitigació i d'adaptació als paràmetres d'un nou escenari, i cercar en tota actuació un equilibri entre les funcions de l'habitatge, la disponibilitat de recursos i l'impacte sobre l'entorn. Davant d'això cal difondre i apostar de manera decidida per l'energia geotèrmica de molt baixa entalpia

El creixement urbanístic i les tècniques arquitectòniques han incorporat en els darrers anys criteris de sostenibilitat pel que fa a l'energia. Es reconeix, tanmateix, que aquestes pautes es transformaran en el futur en relació amb el canvi climàtic i s'hauran de considerar estratègies de mitigació i d'adaptació als paràmetres d'un nou escenari, i cercar en tota actuació un equilibri entre les funcions de l'habitatge, la disponibilitat de recursos i l'impacte sobre l'entorn. El Codi tècnic de l'edificació (Ministeri de Foment, 2006) desplega un marc normatiu pel que fa a l'estalvi energètic i l'ús racional de l'energia. Promou la reducció del consum, la limitació de la demanda energètica per millores en l'aïllament que redueixin les pèrdues i els guanys de calor, la major eficiència dels sistemes de climatització, les millores en la permeabilitat a l'aire i a la radiació solar, l'aprofitament de la llum natural, i la incorporació de nous sistemes de captació, acumulació i utilització de l'energia solar. En el context del foment de les energies alternatives, i des d'una perspectiva geològica, cal difondre i apostar de manera decidida per la geotèrmia. El Pla de l'Energia de Catalunya dona un suport decidit a aquesta energia renovable. No parlem de l'aprofitament de les zones d'alta o mitjana temperatura lligades a manifestacions termals; ens referim a la creixent aposta per l'energia geotèrmica de molt baixa entalpia, amb temperatures inferiors als 30°C. A la seva llarga vida útil i a les millores tecnològiques recents cal afegir-hi un bon nombre d'avantatges: és una energia disponible les 24 hores del dia i la que genera menys emissions de CO₂ (únicament associades al funcionament de la bomba de calor), és una solució integral que permet obtenir calefacció, refrigeració i aigua calenta sanitària, és l'única opció que no necessita elements externs que condicionin l'estètica de l'edificació (Pujadas, 2010).

Els estudis geològics són essencials per al disseny i realització de les instal·lacions d'energia geotèrmica. La geologia aporta el coneixement del subsòl, determina la idoneïtat del sistema de captació i permet calcular-ne les característiques. Per a qualsevol projecte caldrà conèixer la tipologia de les roques i/o sediments, la presència d'aigua subterrània i la fracturació dels materials geològics, entre d'altres aspectes.

Producció de ciment i escalfament atmosfèric

Com és ben sabut, l'increment exponencial del CO₂ per causes antropogèniques deriva, fonamentalment, de la crema o utilització en processos industrials de combustibles fòssils (petroli, carbó i gas). Tanmateix, sovint es desconeix el fet que la producció de ciment també accentua el flux de CO₂ a l'atmosfera. A Catalunya, un 21,2% de les emissions totals corresponen al processament energètic del sector industrial de manufactures i construcció, i la fabricació de ciment és una de les activitats amb majors emissions (Baldasano i Soret, 2010). Diversos estudis han xifrat en un 5% la contribució de les cimenteres en la producció directa de CO₂. Això succeeix per dues vies: la primera, és el consum energètic propi dels processos de fabricació del ciment en els forns de calcinació; la segona, menys perceptible, és l'alliberament de CO₂ a causa de la descarbonatació de les roques (calcàries, dolomies, etc.) quan són sotmeses a temperatures d'uns 1.500°C. Gairebé el 60% de les emissions de diòxid de carboni de les cimenteres estan lligades a aquest procés. Un factor que agreuja el problema és que el ciment no es recicla, cada nou edifici requereix nou ciment.

Com no podia ser d'altra manera, el descens de l'activitat constructiva des de l'any 2007 ha propiciat un descens de les emissions de CO₂ lligades a la producció de ciment. Tot i això, també cal endegar mesures que en minimitzin l'impacte. Addicionalment, hi ha diferents protocols per a la substitució dels materials de construcció habituals per d'altres amb major eficiència en la reducció d'emissions i per a l'optimització de la demanda energètica. La millora de l'eficiència en els cicles de matèria, aigua i energia no ha de limitar-se exclusivament a les noves construccions, sinó també a la rehabilitació de les edificacions ja existents, per tal d'aconseguir una reducció eficient de les emissions (Gausa *et al.*, 2010).

En aquest sentit, nombroses empreses del sector han iniciat recerques que condueixin a substituir els ciments convencionals per nous materials que emetin menys quantitats de CO₂ i que, alhora, n'absorbeixin més al llarg del seu cicle de vida que el que ha suposat fabricar-los. Ja hi ha en el mercat alguns ciments produïts a partir d'òxids de magnesi i d'altres minerals.

Els canvis geodinàmics i ocupació del territori

L'augment de la temperatura atmosfèrica implica una modificació global dels cicles climàtics que comporta una variació del règim de precipitacions (Martín-Vide, 2009). La variació conjunta de la temperatura i del règim de precipitacions ocasionarà perturbacions en la dinàmica geològica externa del planeta. Al marge dels efectes sobre la biosfera, es preveu que el canvi climàtic provoqui un ascens ostensible del nivell del mar a conseqüència, principalment, de la dilatació de l'aigua per l'augment de la temperatura i d'un augment de la velocitat de fusió dels casquets de gel polars i el conseqüent retrocés de les glaceres, una modificació dels cabals

Sovint es desconeix el fet que la producció de ciment també accentua el flux de CO₂ a l'atmosfera. Diversos estudis han xifrat en un 5% la contribució de les cimenteres en la producció directa de CO₂, i com no podia ser d'altra manera, el descens de l'activitat constructiva des de l'any 2007 ha propiciat un descens de les emissions de CO₂ lligades a la producció de ciment



Foto 1. Les avingudes derivades d'episodis de precipitació extrema cada cop poden ser més habituals. Caldrà dimensionar les infraestructures per suportar cabals superiors als actuals. (Pont damunt el Ridaura, a Castell d'Aro. Les restes de vegetació mostren com el cabal quasi va superar la capacitat de la secció).

dels cursos fluvials (vegeu Foto 1) i, entre d'altres fenòmens, una modificació dels corrents oceànics, una accentuació dels fenòmens geoclimàtics extrems (sequeres, inundacions,...).

L'arquitectura reflecteix l'adaptació de l'espai propi de l'ésser humà –l'habitatge– a l'entorn natural, en conseqüència també l'obra pública i la privada han d'adequar-se al medi. L'ocupació actual i futura del territori entrarà en conflicte amb una canviant dinàmica geològica dels processos externs. Riuades, oscil·lació dels nivells piezomètrics, transformació de vessants, canvis del nivell del mar i de la seva dinàmica... hauran de ser tinguts en consideració, sota risc d'ocasionar pèrdues econòmiques i humanes.

Si bé la minimització de l'impacte global passa per l'adopció de compromisos generals, la prevenció dels efectes del canvi climàtic reclama mesures de planificació i adaptació que són una tasca local on arquitectes, arquitectes tècnics, aparelladors, enginyers de l'edificació, projectistes, urbanistes i, subsidiàriament, un nombre amplíssim de professionals, hi tenen molt a dir i a fer.

El canvi climàtic comportarà una modificació en l'ocupació del territori en relació amb el creixement urbanístic, atès que alterarà



Foto 2. Una construcció situada a la llera ordinària del riu es va veure afectada per un episodi d'inundació. (Riera dels Molins, a Calonge).

la dinàmica fluvial i, en conseqüència, el risc d'avingudes extremes. També variarà la dinàmica litoral i augmentarà el risc en l'ús de la franja litoral i en la preservació d'elements naturals dinàmics, com són les platges.

L'augment de la freqüència dels processos externs, especialment les avingudes fluvials, serà una de les conseqüències associades al canvi climàtic. Hom preveu que els episodis amb cabals extraordinaris ocorrin més sovint i, per tant, el risc associat a les zones inundables serà més elevat (Llasat i Coromines, 2010). Aquest fet comportarà que l'ocupació actual i futura d'àrees inundables a l'entorn de la xarxa fluvial, fins i tot amb períodes de retorn elevats, hauran de ser revisades i considerades en els plans urbanístics (vegeu Foto 2). Les conseqüències poden ser diverses: haver de reforçar la protecció dels actuals trams fluvials urbans existents per desbordaments, haver d'abandonar aquelles zones que tindran un major risc en un futur proper o, ja que la disponibilitat de zones per al creixement (urbà o industrial) serà menor, haver d'ocupar emplaçaments que actualment disposen d'un altre tipus de qualificació del sòl.

Els fenòmens meteorològics extrems –especialment els episodis plujosos d'elevada intensitat– poden desencadenar la inestabilitat dels vessants. Aquests són uns processos habituals a Catalunya,

Foto 3. Esllavissament derivat d'un fort episodi plujós que va afectar les infraestructures d'una àrea urbana. Carrer annex a l'estadi de Montilivi, a Girona.



El canvi climàtic comportarà una modificació en l'ocupació del territori en relació amb el creixement urbanístic, atès que alterarà la dinàmica fluvial i, en conseqüència, el risc d'avingudes extremes. També variarà la dinàmica litoral i augmentarà el risc en l'ús de la franja litoral i en la preservació d'elements naturals dinàmics, com són les platges

l·ligats a àrees orogràficament abruptes de muntanya o en penya-segats costaners (Roqué, 2010). Els desprendiments rocallosos o els esllavissaments són molt freqüents i suposen un risc per a les persones i les propietats (vegeu Foto 3). La planificació urbanística ha d'incloure una cartografia de les zones amb risc de patir aquests processos i limitar-ne l'ús o preveure mesures estructurals que en minimitzin el perill.

Els problemes al litoral seran de diversa índole i afectaran principalment les platges, elements especialment importants com a peces fonamentals de la indústria del turisme d'estiu, i com a elements naturals de transició entre el mar i les edificacions a primera línia de costa. Les platges constitueixen un dipòsit sedimentari dinàmic, que respon a l'equilibri que s'estableix entre les aportacions de sediments del continent (en molts casos limitades des de fa dècades per la construcció d'embassaments) i els processos marins, representats pels corrents de deriva litoral i l'onatge, en un marc morfològic de la costa concret, amb caps, cales i golfs (vegeu Foto 4, pàgina següent). En el nostre país, el creixement urbanístic a primera línia de costa ha condicionat notablement aquest equilibri. D'una banda ha substituït els cordons de dunes que formaven part del sistema litoral per passeigs marítims i edificacions, i de l'altra s'ha modificat la dinàmica litoral amb espigons i esculleres que han alterat els processos d'erosió, transport i sedimentació de sorra que controlen la ubicació i el balanç de matèria a les platges (Roqué, 2010).

Si bé l'ascens del nivell del mar pot ser un motiu d'alteració d'aquest sistema dinàmic (a la costa catalana, les dades recents assenyalen un lleuger descens, malgrat que hom hi preveu un ascens generalitzat com a la resta de la Mediterrània), és tant o més preocupant el fet que les observacions dels darrers anys detectin canvis en la



Foto 4. L'ascens progressiu del nivell del mar associat a episodis de la dinàmica marina representa un risc creixent per a l'ocupació antròpica de la façana costanera i per a les inversions recurrents en regeneració de platges. (Llevantada a Calella de Palafrugell).

frequència direccional de presentació de les tempestes, la qual cosa implica un augment de la tendència erosiva (Sánchez-Arcilla *et al.*, 2010).

L'ascens del nivell del mar no només pot afectar de manera directa l'ocupació del territori de la primera línia de costa, sinó que també pot desplaçar cap al continent la falca salina que és present a la façana litoral. Aquesta falca és el límit entre l'aigua dolça dels aqüífers litorals i l'aigua marina. La primera és menys densa que la salada, de manera que tendeix a disposar-se per sobre. Quan l'aqüífer està format per materials permeables homogenis, l'aigua marina penetra cap a terra, en forma de falca, per sota de l'aigua dolça (vegeu Figura 3). Atès que les dues masses d'aigua són miscibles, el límit entre elles és gradual.

L'efecte corrosiu de l'aigua marina, o salobre, sobre els fonaments de les construccions és difícil de calcular, a causa de la gran quantitat de variables que hi tenen influència (vegeu Foto 5). És un fenomen complex que es pot donar a llarg termini (desenes d'anys), segons les característiques del formigó (sobretot la composició i la porositat) i tot un seguit de factors, entre els quals cal destacar la concentració de sals dissoltes, la temperatura, el flux subterrani o les oscil·lacions del nivell freàtic, entre d'altres.

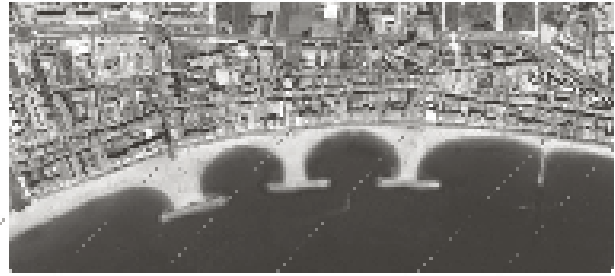
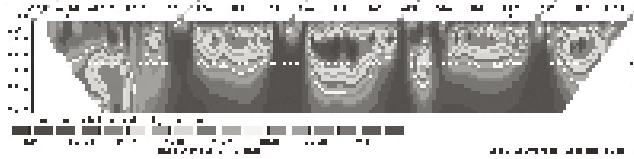


Figura 3. Perfil de tomografia elèctrica, realitzat paral·lelament a la línia de costa, al nord-est de la riera de Sant Antoni i al llarg del passeig de Josep Mundet, a Sant Antoni de Calonge. S'hi poden observar unes zones d'elevada conductivitat que mostren la intrusió salina (Brusi et al., 2008).



L'ús dels recursos i la seva implicació ambiental

Un dels reptes de l'arquitectura sostenible de les properes dècades fa referència a la utilització dels recursos geològics no renovables. Un exemple habitual és la disponibilitat d'àrids naturals, que són un recurs finit. A les comarques gironines, la seva extracció ha estat intensa i ha donat lloc a una severa transformació del medi en planes al·luvials

Més enllà de l'ús apropiat dels recursos energètics, ja comentats en relació amb les estratègies de mitigació, un dels reptes de l'arquitectura sostenible de les properes dècades fa referència a la utilització dels recursos geològics no renovables. La seva creixent escassetat pot arribar a ser una important limitació i, particularment, pot suposar un encariment final del producte. Un exemple habitual és la disponibilitat d'àrids naturals per a la construcció de grans infraestructures o edificacions. Els àrids, sovint procedents de l'explotació de dipòsits sedimentaris, són un recurs finit. A les comarques gironines, la seva extracció ha estat intensa i ha donat lloc a una severa transformació del medi en planes al·luvials, com en el tram baix del Ter, del Fluvià o al llarg de la Tordera, per esmentar localitats properes. La dinàmica actual dels rius impedeix la seva recuperació, perquè la major part del sediment és retingut en els

Foto 5. Les construccions per sota del nivell piezomètric comporten bombaments de l'aigua subterrània que poden desencadenar assentaments. També requereixen fonamentacions que garanteixin la impermeabilització de la construcció. (Construcció d'unes plantes soterrades en un edifici a Sant Antoni de Calonge).

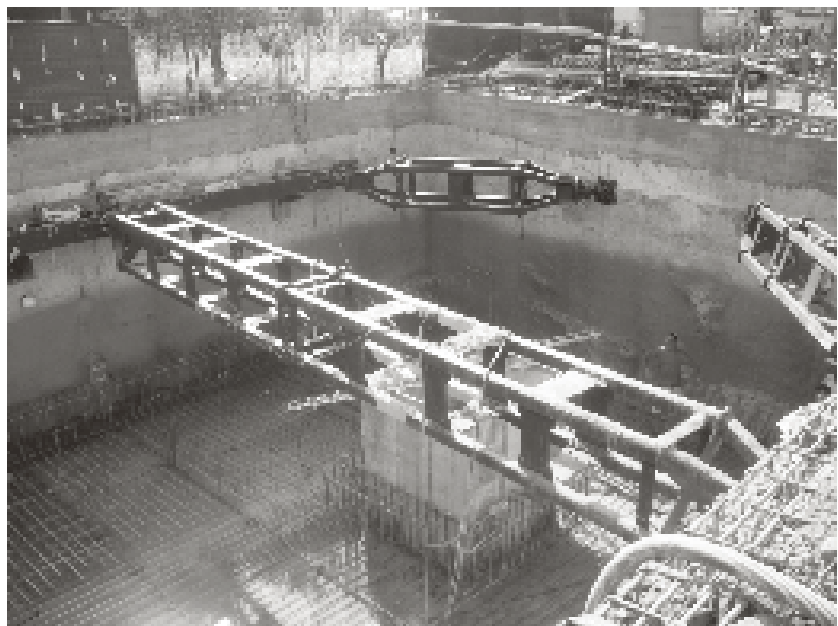




Foto 6. Planta d'explotació d'àrids de trituració a Cruïlles.

embassaments. En qualsevol cas, el ritme geològic de recuperació seria, en un estat natural, molt més lent que els requeriments per satisfer la demanda. Els àrids de trituració, procedents de diverses tipologies de roques, també han estat intensament explotats (vegeu Foto 6) amb notables efectes paisatgístics.

Malgrat tot, el recurs fonamental en el creixement urbanístic més relacionat amb el canvi climàtic és la disponibilitat d'aigua. El dret a disposar d'aigua per part de la societat contrasta amb l'escassetat d'aquest recurs renovable i en la gestió que se n'ha fet les darreres dècades. Aquesta frase requereix dues matisacions: 1) l'aigua és un recurs renovable només pel que fa a la seva quantitat, atès que el deteriorament de rius i aqüífers, i del mateix mar, en termes de qualitat fa necessària una inversió econòmica prèvia abans que el recurs no pugui ser reutilitzat amb una qualitat mínima com a aigua d'ús urbà o, fins i tot, per a la seva funció ecològica; 2) si bé la gestió de l'aigua durant el segle xx s'ha basat en garantir el subministrament allà on calgués, un canvi en els paradigmes de gestió als anys 90, així com l'arribada de la Directiva marc de l'aigua l'any 2000, ha comportat un gir en els criteris de gestió i els ha fet més respectuosos amb el medi i compromesos en la preservació del recurs.

És obvi, doncs, que l'aigua és un factor bàsic per al creixement urbanístic. Els escenaris del canvi climàtic dibuixen un horitzó amb menor precipitació per al segle XXI, amb una disminució d'un

És fonamental començar a considerar el canvi climàtic com una variable rellevant en la presa de decisions d'actuacions a gran escala sobre el territori; una adequada planificació avui reduirà adaptacions dràstiques i forçoses en un futur

5-10% de mitjana a la Mediterrània occidental per a 2100. Aquest canvi, juntament amb l'augment de la temperatura, comportarà una modificació general del cicle de l'aigua, ja que farà incrementar les pèrdues per evapotranspiració i reduirà el cabal superficial de la xarxa de drenatge i la recàrrega dels aqüífers (Mas-Pla, 2005). En síntesi, hom preveu una disminució dels recursos disponibles i, el que és igualment important, una major variabilitat en la dinàmica del cicle hidrològic que farà més complexa la tasca de gestionar els recursos emmagatzemats en funció d'una demanda creixent a curt i mitjà termini.

L'optimització en l'ús de l'aigua i la seva reutilització seran aspectes determinants en l'ús racional i sostenible de l'aigua. El disseny de zones urbanes i habitatges contribuirà en gran mesura a l'equilibri hidrològic, especialment en un país on, com en el cas de les conques internes, un 65% dels recursos es destinen a l'ús domèstic. A gran escala, la recollida d'aigües pluvials i el seu ús alternatiu, l'enjardinament amb vegetació autòctona, i l'ús d'aigua regenerada per a diverses activitats (refrigeració), entre altres, seran alternatives que caldrà incorporar als nous desenvolupaments urbans.

D'altra banda, més enllà de l'evident preocupació per la quantitat i qualitat dels recursos hídrics en relació amb el canvi climàtic, també cal tenir en compte les pertorbacions derivades de les oscil·lacions dels nivells piezomètrics. Una oscil·lació del nivell piezomètric comporta un desplaçament en la distribució vertical de l'aigua subterrània (zona saturada i vadosa), la qual cosa provoca canvis en les propietats físiques del sòl que depenen del seu contingut d'aigua (vegeu Foto 7). Com a conseqüència també canvien alguns paràmetres geomecànics fonamentals per a l'estabilitat de les construccions, com les pressions admissibles per als fonaments, l'empenta de terres en els murs dels soterranis, la sobrecàrrega de pilons per fregament negatiu, variacions de la pressió hidrostàtica (subpressions) o l'estabilitat de talussos, entre d'altres. A més, els canvis d'humitat poden ocasionar canvis de volum i provocar subsidència, assentaments diferencials o fenòmens d'expansió/



Foto 7. Bombament d'aigües subterrànies per a la construcció d'un aparcament soterrat al carrer Emili Grabit, de Girona.

contracció del sòl. En determinats materials, el flux d'aigua derivat de les variacions del nivell piezomètric també pot causar processos d'erosió interna i col·lapse (Brusi *et al.*, 2008).

Conclusions

L'alteració climàtica derivada de l'efecte hivernacle modificarà l'ocupació futura del territori limitant els indrets per al desenvolupament urbanístic i incorporant canvis en els models de creixement i en les tècniques d'edificació que minimitzin l'ús de l'energia i dels recursos. Davant d'aquest nou escenari climàtic, amb canvis significatius previstos per a aquest segle XXI, cal incorporar els avenços tecnològics adients i reprogramar l'ocupació del territori, ateses les limitacions ambientals que se'n poden derivar. La urgència és relativa, si bé una adequada planificació avui reduirà adaptacions dràstiques i forçoses en un futur. Per aquest motiu, és fonamental començar a considerar el canvi climàtic com una variable rellevant en la presa de decisions d'actuacions a gran escala sobre el territori. Cal, doncs, preguntar-se quines possibilitats d'adaptació són factibles a nivell local, amb la idiosincràsia pròpia de cada indret (pel que fa tant als canvis físics del medi com a la disponibilitat de recursos i energia), com a pas previ per a un desenvolupament urbanístic enraonat, és a dir, sostenible.

Bibliografia

- BALDASANO, J. M. i SORET, A. (2010). “Balanços de carboni. Emissions”, a Llebot, J. E. (coord.) *Segon informe sobre el canvi climàtic a Catalunya*. Consell Assessor per al Desenvolupament Sostenible, p. 97-134.
- BRUSI, D., MAS-PLA, J., ROQUÉ, C., RODRÍGUEZ, A., ZAMORANO, M. i CASADELLÀ, L. (2008). *Caracterització de la problemàtica hidrogeològica i geotècnica derivada de les extraccions d'aigua en la construcció d'aparcaments soterranis a la façana litoral del terme municipal de Calonge*. Informe del Centre GEOCAMB per a l'Ajuntament de Calonge. 118 p.
- BRUSI, D. i ROQUÉ, C. (1998). “Los riesgos geológicos. Algunas consideraciones didácticas”, a *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra - AEPECT*, 6(2), p. 127-137.
- GAUSA, M. (COORD.); RUEDA, S.; MUÑIZ, I.; MUÑOZ, F.; CALATAYUD, D.; SABATÉ, J.; PÉREZ, M. i GOROSTIZA, S. (2010). “Canvi climàtic: territori, urbanisme i edificació. Nous models (més) sostenibles”, a Llebot, J. E. (coord.) *Segon informe sobre el canvi climàtic a Catalunya*. Pub. del Consell Assessor per al Desenvolupament Sostenible. p. 1057-1120
- IPCC (2001). *Climate Change, 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the 3rd Assessment Report. Cambridge University Press.
- IPCC (2007). *Climate Change, 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the 4th Assessment Report. Cambridge University Press.

- LLASAT, M. C. i J. COROMINES (2010). “Riscos associats al clima”, a Llebot, J. E. (coord.) *Segon informe sobre el canvi climàtic a Catalunya*. Pub. del Consell Assessor per al Desenvolupament Sostenible. p. 243-308.
- LLEBOT, J. E. (1997). *El canvi climàtic*. Rubes Editorial.
- LLEBOT, J. E. (2009). “Un breve relato sobre cómo podemos saber si cambia el clima”. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra - AEPECT*, 17(2), volum monogràfic: *Geología y cambio climático*, p. 117-236.
- MARTÍN-CHIVELET, J. (2010). Ciclo del carbono y clima: la perspectiva. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 18.1, AEPECT, p. 33-46.
- MARTÍN-VIDE, J. (2009). Diez verdades y diez mentiras en relación al cambio climático. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra - AEPECT*, 17(2), volum monogràfic: *Geología y cambio climático*, p. 117-236.
- MAS-PLA, J. (2005). “Recursos hídrics, dinàmica hidrològica i canvi climàtic”, a Llebot, J. E. ed., *Informe sobre el canvi climàtic a Catalunya*. Publicació del Consell Assessor per al Desenvolupament Sostenible i l’Institut d’Estudis Catalans, p. 485-516.
- MINISTERIO DE FOMENTO (2006). Código Técnico de la Edificación. <http://www.codigotecnico.org/web/recursos/documentos/>
- PIÉ, R.; VERGÈS, R.; VILANOVA, J.M. i ZAMORA, J.L. (2005). “Infraestructures i medi urbà”, a Llebot, J. E. ed., *Informe sobre el canvi climàtic a Catalunya*. Publicació del Consell Assessor per al Desenvolupament Sostenible i l’Institut d’Estudis Catalans, p. 267-305.
- PUJADAS, A. (2010). *La geotèrmia de baixa entalpia: una energia neta de la Terra a l’abast de tothom*. Recull de ponències de les jornades GEOLOMU-2010, Ed. GEOCAMB (Centre de Geologia i Cartografia Ambiental), p. 16-21. <http://geocamb.udg.edu/recerca-transferencia/organitzacio-dactivitats/> \ | “2010.
- ROQUÉ, C. (2010). *Tenim un problema: els processos geològics actius*. Recull de ponències..., p. 11-15. <http://geocamb.udg.edu/recerca-transferencia/organitzacio-dactivitats/> \ | “2010.
- SÁNCHEZ-ARCILLA, A.; MÖSSO, C.; SIERRA, J.P. i CASAS-PRAT, M. (2010). “La variabilitat climàtica i la costa catalana”, a Llebot, J. E. (coord.) *Segon informe sobre el canvi climàtic a Catalunya*. Consell Assessor per al Desenvolupament Sostenible, p. 243-308.
- TULLA, A. F. (COORD), ALBET, A., BRETON, F., CAMPILLO, X., CEBOLLADA, A., MIRALLES, C. MARCH, A. I RIERA, P. (2005). “El territori i el paisatge”, a Llebot, J. E. ed., *Informe sobre el canvi climàtic a Catalunya*. Publicació del Consell Assessor per al Desenvolupament Sostenible i l’Institut d’Estudis Catalans, p. 131-230.

Tots els treballs corresponents al CADS (Consell Assessor per al Desenvolupament Sostenible de Catalunya) i de l’IPCC (Intergovernmental Pannel for Climate Change) estan disponibles als seus respectius webs.

David Brusi
Josep Mas-Pla
Carles Roqué

Doctors en geologia i professors del Departament de Ciències Ambientals de la Universitat de Girona. Grup de Geologia Aplicada i Ambiental (GAiA), Centre de Geologia i Cartografia Ambiental (GEOCAMB), Universitat de Girona.

Materials ecobioconstructius sostenibles

Gabriel Barbeta Solà

L'harmonia i l'equilibri ecològic en l'ús de materials de construcció comporten intrínsecament la trobada entre la bellesa i la saviesa de l'Univers per sobre de la presumpció humana de crear. Els tècnics actuen com a canal integrador de diverses solucions tècniques, principalment entorn del problema d'habitació mundial: minimitzar el consum d'energia i les emissions de CO₂ per projectar una arquitectura més saludable i respectuosa amb el medi ambient i els éssers humans. El desenvolupament tecnològic i industrial d'aquest últim segle ha representat un nou contacte amb noves classes d'energia com l'electricitat o la nuclear, materials com l'amiant, o les quasi 50.000 substàncies químiques presents a les nostres llars provinents dels materials de construcció, materials de decoració i neteja. Just ara comencem a conèixer com repercuteixen en la nostra salut i en la Terra, la qual cosa també és responsabilitat dels tècnics i constructors.

Aquesta visió tan global és la que permet analitzar, abans de prendre una decisió, si un element el podem realitzar de fusta o no, per exemple. Per saber-ho n'hem de conèixer la procedència, si en l'extracció no se supera la capacitat d'autoregeneració, l'impacte ambiental que es produeix en tot el seu cicle de vida (ACV) (*Anàlisis del ciclo de vida*. Dr. Fructuós Mañà. ITEC,1996), si hi ha hagut un consum excessiu d'energia en el transport i distribució, o si és una tecnologia apropiada a una certa cultura o clima, etc. És evident que això ens dirigeix a no utilitzar fustes tropicals al

Just ara comencem a conèixer com repercuteixen en la nostra salut i en la Terra les quasi 50.000 substàncies químiques presents a les nostres llars provinents dels materials de construcció, materials de decoració i neteja



La sostenibilitat arquitectònica destaca enormement en la resolució dels projectes a partir d'allò autòcton, i amb la recuperació i millora de moltes tecnologies tradicionals. (Foto: FXB).

nostre país, o que no és totalment sostenible importar frondoses americanes, per la despesa energètica emprada en el seu transport. Per això en la sostenibilitat arquitectònica destaca enormement la resolució dels projectes a partir d'allò autòcton, i la recuperació i millora de moltes tecnologies tradicionals. Però cal no oblidar que les noves tecnologies van desplaçar les tradicionals per raons de durabilitat, per la qual cosa hem de ser realistes: una veritable alternativa constructiva sostenible ha d'estar d'acord amb el grau obtingut per la tècnica i la qualitat de vida actual. És absurd pretendre que la gent doni anualment una mà de calç als seus murs de tova després de les pluges, o que no pugui en alguns casos eliminar insectes i paràsits. La conseqüència ha estat la utilització massiva en els països del Sud de tecnologies inapropiades i insostenibles pròpies dels països del Nord, i en aquests últims es fan servir massivament materials nocius difícils de reciclar i amb gran càrrega energètica que han desplaçat els materials de la zona i el saber popular propi.

La tasca no és fàcil, ja que representa qüestionar-se qualsevol tecnologia, material o solució arquitectònica en cada cas, per a cada persona, cultura, lloc o situació socioeconòmica. Això implica una base cognoscitiva científica de les noves tecnologies i materials ecobioconstructius sostenibles, com la terra crua (tàpies, BTC, tova), la fusta, el bambú, la pedra, la calç, el guix, el ciment natural o els

residus amb activitat putzolànica, per millorar-los i convertir-los en veritables alternatives de qualitat al greu problema mundial de l'habitatge.

Materials ecobioconstructius sostenibles

Entre les tecnologies adequades al nostre clima i recursos autòctons, amb poc consum d'energia, reciclables i amb bones prestacions de transpiració i aïllament, sense toxicitat de cap mena, destaquem:

- Formigons de terra estabilitzada i tàpies.
- BTC (blocs de terra o runa comprimides amb premsa hidràulica). És un dels materials naturals de construcció amb menor consum energètic i impacte ambiental. En aquest moment es pot trobar al mercat BTC Bioterre comprimit amb sistema hidràulic.
- Aïllament amb suro natural triturat, borra de paper reciclat, etc.
- Fusta reciclada o d'arbres autòctons.
- Cobertes amb volta catalana o cúpules.
- Armadures de fibres de bambú autòcton.
- Pintures naturals sense dissolvents tòxics.
- Canonades d'aigua amb materials reciclables i més saludables.
- Minimització de la presència de metalls i de materials amb gran consum energètic en la seva fabricació.
- Utilització d'aglomerants com el guix, la calç i el ciment natural.

El morter de calç

Els morters que utilitzen la calç com a aglomerant han perdurat en el temps per les seves bones prestacions arquitectòniques de resistència química i física, i per la facilitat i simplicitat que presenten en el procés de fabricació. A més actualment destaquem la seva permeabilitat al vapor. Aquesta transpirabilitat el fa un material més adequat bioconstructivament parlant que el ciment pòrtland. Encara és justificable la barreja de sorra calcària amb calç i una mica de ciment blanc, segons P. Hung. La seva alcalinitat la converteix en biocida, i garanteix la salubritat de les nostres parets.

Els morters que utilitzen la calç com a aglomerant han perdurat en el temps per les seves bones prestacions arquitectòniques i el fa un material més adequat bioconstructivament parlant que el ciment pòrtland

El ciment

La seva fabricació és extremadament consumidora d'energia i a més origina residus de pols i gas en pedreres que provoquen un gran impacte ambiental. Provoca problemes en els pulmons per inhalació i en contacte amb la pell causa irritació i cremades. La bioconstrucció aconsella utilitzar ciment blanc, ciment natural ràpid, ja que el seu índex de radiació és menor. El seu alt impacte ambiental implica que la seva utilització s'hauria de restringir a elements estructurals amb un disseny de secció optimitzada i allargar la seva durabilitat al màxim amb continguts de 300 kg/m³ en el formigó i sense presència de ferro.



La fusta és un material versàtil pel seu bon comportament estructural, tant a flexió com a compressió, utilitzat tant en estructura, façanes, coberta i tancaments. (Foto: FXB).

La fusta

El cicle de vida natural de la fusta redueix l'efecte hivernacle en convertir el diòxid de carboni en oxigen i glucosa a través de la fotosíntesi. És realment energia solar pura acumulada en forma de biomassa. A més les fulles redueixen la temperatura ambiental i l'albedo. Només en la petita Suïssa s'estima que l'increment anual de fusta és de 6,5 milions de m³ (12 m³ per minut), fet que demostra que és un recurs renovable, i així es certifica actualment amb segells com el FSC o el PEFC.

Tècnicament, les característiques de la fusta són que aïlla de 5 a 10 vegades més que el formigó i 1.500 vegades més que l'alumini; per la seva gran superfície específica, 200 m²/cm³, transpira molt bé, regula la humitat i és regenerativa; és poc radioactiva (edifici de fusta: 80 milirehms/any; edifici de formigó: 204 mr/any).

No filtra ni descarrega els ions d'oxigen, tan necessaris per a la vida. Els seus petits ions enriqueixen l'aire i el netegen de partícules de pols i de bacteris. Les superfícies de fusta no es carreguen electroestàticament.

La fusta no tractada, o la tractada amb productes naturals, no conté substàncies tòxiques. Per això per mantenir aquesta qualitat en els derivats manufacturats s'hauran d'utilitzar adhesius bituminosos naturals, magnesia càustica, cola vegetal, cola d'ossos i cola de llet; sobretot cal evitar les coles fenòliques i les d'ureaformaldehid.

És un material versàtil pel seu bon comportament estructural, tant a flexió com a compressió, que permet que sigui utilitzat en elements lineals o superficials, tant en estructura, façanes, coberta o tancaments. La fusta pot ser utilitzada fins i tot en la matriu d'altres materials d'origen mineral, en forma de serradures, encenalls o armat: totxanes refractàries, panells aïllants (Heracklit, Celenit), encofrats perduts (Fixolite) o els formigons Terre-Paille o Leimbau. La seva resistència al foc és més alta del que es pensa, ja que la combustió no provoca col·lapses com passa en les estructures d'acer; així ho demostren els índexs de sinistralitat als EUA.

L'ús il·limitat de la fusta per a la construcció sols troba una barrera en la disponibilitat sostenible del material i la certificació de la seva procedència i explotació.

El suro

És un material natural constituït de l'escorça de l'alzina surera (*Quercus suber*). És un excel·lent aïllant tèrmic (pes específic tipus tèrmic Standard 95-140 kg/m³, conductivitat tèrmica 0,033/0,035 kcal.m/m²C/hr a 20°C/105 kg/m³), i acústic (pes específic tipus acústic 85-100 kg/m³), gràcies al contingut d'aire de la seva estructura cel·lular: un cm³ conté 40 milions de porus. És un corrector acústic polivalent, i amb major densitat és un extraordinari aïllant

*El suro té un avantatjós comportament al foc, ja que és difícilment combustible, amb una temperatura límit d'utilització a 100° C.
(Foto: Mia Masgrau).*



de les vibracions (pes específic tipus vibràtil 170-190 kg/m³), i no presenta deformacions permanents sota càrrega. Té un avantatjós i insòlit comportament davant la humitat, ja que no absorbeix aigua per capilaritat, i en volum és < 3 %. A més té la propietat bioconstructiva de ser molt permeable al vapor d'aigua: 2-6 g cm/24 h m² mm Hg. Utilitzat en trossos, el suro és un material absorbent de les radiacions (Schröder-Speck). La seva estabilitat dimensional és molt gran (<0,3% a 22°C; 50% Hr a 32°C; o 90% Hr). Té un avantatjós comportament al foc, ja que és difícilment combustible, amb una temperatura límit d'utilització de fins a 100°C, i no es desaglomera ni deforma en aigua bullent. Presenta una gran resistència als agents químics, no es desaglomera ni deforma en CIH a 100°C. No és atacable per insectes, paràsits i microorganismes. S'aplica fàcilment i el seu ús és econòmic; el seu sistema de fabricació està avalat per tecnologia moderna i controls de qualitat. Té una durabilitat excepcional.

La terra

Els processos d'execució de la terra poden considerar-se de molt baix impacte ambiental, sobretot pel fet de no haver d'aplicar temperatura als processos d'enduriment. Així, estem parlant d'un material de baix consum d'energia implícita (*embodied energy*), la qual està al voltant dels 0,2-1 MJ/Kgr, en funció de la maquinària de compactació, garbellament o transport utilitzat. Cal tenir present que aquest últim és bàsic, ja que pot fer disparar el cost ambiental. Per això s'ha de mantenir en la mesura del possible la condició que sigui autòctona, i evitar transports de trajectes superiors a 150 quilòmetres. Així mateix es minimitza la producció de residus, atès que no requereix un procés industrial de fabricació. Per estabilitzar les diferents argiles que la componen, es pot emprar una gran varietat de productes orgànics i inorgànics d'origen natural. Una estabilització adequada permet obtenir propietats òptimes d'impermeabilització, resistència i retracció en més o menys grau segons les condicions de cada cas particular (climatològiques, mediambientals...). Quant a l'aïllament acústic, només cal recordar la vella dita "És sord com una tàpia" (una tàpia és un mur compacte de terra). La utilització d'un material propi de l'entorn, càlid i agradable als sentits, permet que les construccions s'integrin més bé al paisatge. Amb tot això podem afirmar que ens trobem davant d'un dels materials actuals més sostenibles a tots els nivells, tant estructural, de tancament o d'acabat de l'edifici.

La terra crua, el fang, és un material que està a l'abast de tots els éssers del planeta, i disposar-ne disminueix notablement els costos de construir. Això és aplicable tant a Occident com a allò que de manera superba anomenem Tercer Món, on sovint s'importen materials i tecnologies inadequades per al medi ambient i per les condicions climàtiques locals. En aquest cas, l'ús de terra, a part de comportar un estalvi evident, apareix com una alternativa d'afirmació cultural al model d'identificació imposat per l'economia i la política.

Els processos d'execució de la terra poden considerar-se de molt baix impacte ambiental. La utilització d'un material propi de l'entorn, càlid i agradable als sentits, permet que les construccions s'integrin més bé al paisatge. A això hi hem d'afegir que la terra crua, el fang, és un material que està a l'abast de tots els éssers del planeta

Si treballem amb material local, fins i tot de la mateixa obra, no hi ha despeses de transport.

El mateix procés constructiu, gràcies a la seva simplicitat i qualitat, redueix o elimina altres operacions que requereixen especialització (col·locació d'aïllaments, revestiments interiors, etc.), i es redueixen encara més els costos; també facilita la seva implantació i apropiació tecnològica per part d'autoconstructors.

Les propietats constructives de la terra permeten obtenir, igual o millor que altres materials, unes condicions adequades de confort i, sobretot, garanteix una capacitat d'aïllament –tant tèrmic com acústic– molt per sobre de la dels materials convencionals.

Gràcies a la seva massa tèrmica la terra té la facultat d'escalfar-se i refredar-se molt lentament, i actua com un acumulador que allibera la temperatura a poc a poc, en un efecte similar al de l'aigua del mar (inèrcia tèrmica): suavitza els canvis climàtics entre la nit i el dia, o entre les estacions, sense despesa energètica, i de forma totalment natural. Això vol dir que amb 9,5 cm de terra aïllem el mateix que amb 50-60 cm de pedra o formigó.

Altres propietats són que no conté càrregues radioactives o tòxiques; incombustibilitat; estabilitat química i, per tant, durabilitat, com palesa el patrimoni que encara podem trobar; resistència als canvis climàtics; permeabilitat i regulació del vapor d'aigua, factor de molt interès per a la bioconstrucció; gran capacitat d'intercanvi catiònic de les argiles crues, la qual cosa explica el seu enorme potencial d'absorbir tòxics ambientals i el seu ús terapèutic per a la pell o per al sistema digestiu; ductilitat per ser treballada, prefabricada i modelada; impermeabilitat en estat plàstic; adherència a la fusta i a materials vegetals; material estructural, amb gran elasticitat i plas-

Gràcies a la seva massa tèrmica la terra actua com un acumulador que allibera la temperatura a poc a poc i suavitza els canvis climàtics entre la nit i el dia, o entre les estacions, de forma totalment natural. És a dir, amb 9,5 cm de terra aïllem el mateix que amb 50-60 cm de pedra o formigó



Els tancaments de paret seca són una mostra de la reutilització dels materials autòctons. (Foto: FXB).

ticitat: pot ser un dels millors antisísmics, permet la seva adequació per suportar traccions (vegeu normativa de l'ININVI, Perú) i supera la resistència al col·lapse de les estructures de formigó armat.

La pedra

Sols s'haurien d'utilitzar les pedres naturals amb més durabilitat o pedres artificials que incorporin pols i àrids sobrants de l'extracció de pedra natural. És un material no renovable, amb un impacte irreversible en la natura i un consum d'energia bastant alt, que es redueix si s'utilitza pedra local.

L'extracció pot originar pols de sílice i provocar malalties com la silicosi. El granit emet nivells alts de gas radó radioactiu i pot provocar càncer de pulmó; per aquest motiu s'aconsella utilitzar pedra o àrids calcaris en les bioconstruccions.

Bibliografia

- *Arquitectura nórdica en madera*. Nordic Timber Council AB, 1997.
- *Bioarquitectura Linusa SA*. CV Grupo Ivoriega editores, 1998.
- BUENO, Mariano. *Vivir en casa sana*. Ed. Martínez Roca, 1997.
- CORRADO, Maurizio. *La casa ecológica*. Ed. De Vecchi, 2000.
- *El hábitat bioclimático*. Ed. G/G. Mèxic, 1979.
- KHAN, Lloyd. *Cobijo*. Ed. Blume, 1973.
- PEARSON, David. *El libro de la casa natural*. Ed. Integral, 1993.
 - *Arquitectura natural: el hogar más saludable*. Ed. Integral, 1994.
 - *El libro de la Arquitectura natural*. Ed. Integral, 1994.
- RODRÍGUEZ LLEDÓ, Camilo i Equipo Arquitecturas Adaptadas al Medio. • *Guía de la bioconstrucción*. Mandala Ediciones, 1999.
- SABADY, Pierre Robert. *Edificación solar biológica*. CEAC, 1983.
- SERRA, R.; COCH, H.; SAN MARTÍN, R. *Arquitectura y el control de los elementos*. Balmes Edició, 1996.
- VENOLIA, Carol. *Casas que curan*. Ed. Martínez Roca, 1997.
- WINES, James. *Green architecture*. Taschen, 2000.

Webs d'interès:

<https://www.apabcn.es/sostenible>

<http://perso.gratisweb.com/gabrielbarbeta/index.html>

http://www.tdx.cesca.es/TDX-1105102-161519/index_cs.html

Conferencia Consciència Arquitectònica COAC, amb Real Player:

rtsp://video.coac.net/videos/salud_i_habitat/241106_12.rm

o http://www.coac.net/COAC/agrupacions/aus/salud_i_habitat/salud_home.htm

Red Científica Construcción Tierra: http://www.edificaciontierra.org/index.php?option=com_content&task=view&id=16&Itemid=27

<http://phi-nitoarquitecturabiologica.blogspot.com/>

Gabriel Barbeta Solà

Arquitecte i professor d'ecoarquitectura de la UDG

Aportacions de la jardineria integrada als edificis

Àlex Puig Coll

L'arquitectura i l'urbanisme dels últims temps no han tingut en compte la qüestió tèrmica urbana, ja que es considerava que quedava resolta amb sistemes energètics.

En aquests moments, en què el 80% de la població mundial està vivint en nuclis urbans i el tema energètic és el primer maldecap mundial, l'arquitectura està al punt de mira de tota la societat. Mentre que la indústria automobilística està preparada per crear vehicles totalment reciclables i que pràcticament no emeten CO₂, l'urbanisme és el responsable del 50% de les emissions i del 50% dels residus mundials.

La jardineria quant a productora de biomassa urbana té molt a resoldre en un futur, però hi ha un gran dèficit educacional. El jardí ha de convertir-se en una massa verda de gran rendiment biòtic: no pot ser una fissura al formigó de prats verds amb arbres alineats, no pot continuar essent, com ara, només una derivació arquitectònica que comporta més consum energètic i un cost de manteniment.

La jardineria pública urbana ha d'adquirir un aspecte més de bosc. I el ciutadà ha d'entendre que, de la mateixa manera que trepitja les fulles a la tardor quan va a la muntanya i no el preocupa trobar branques o prats sense segar, el parc de davant de casa seva també pot tenir aquest aspecte.

Les cobertes dels edificis han de ser verdes, com també les pells dels edificis, i a més han d'exercir de terciaris de depuració, els carrers han de tornar a ser permeables i les voreres més encara.

Tots els parcs s'han de regar amb aigües reciclades, o fins i tot

La jardineria urbana té molt a resoldre en un futur, però hi ha un gran dèficit educacional. Ens hem d'acostumar a veure el parc de davant de casa amb un aspecte més de bosc



Paret vegetal a l'Hotel Armentia de Vitoria. (Foto cedida per Vivers Ter, SA).

poden utilitzar-se com a depuradores completes agafant l'aigua de reg directament del clavegueram.

Els carrers s'han d'omplir d'arbres caducs que no requereixen podes, i les gespes es poden mantenir amb tanques amb xais que hi pasturin, com a la ciutat de Curitiba (Brasil).

La jardineria ha d'anar coordinada amb tot l'embolcall urbà; no pot fer-se urbanisme pensant solament en serveis, sinó en equilibris tèrmics, energètics i regeneradors.

Waste=food podria ser un principi conceptual des d'on començar a replantejar estratègies.

Tecnològicament estem preparats per aconseguir fer ciutats agradables, equilibrades i sanes només tenint en compte uns hàbits adquirits que han d'anar canviant, com per exemple la quantitat de motos *versus* cotxes que circulen pels carrers.

Aplicacions de la jardineria en la climatització dels edificis: cobertes i façanes verdes

Hundertwasser deia que el pla horitzontal pertany a la naturalesa i tots els edificis que dissenyava els cobria amb vegetació; en aquests moments la seva escola està donant molts fruit a tot el nord europeu. Les cobertes tindran una extraordinària evolució conceptual



Les cobertes dels edificis han de ser verdes, tots els parcs s'han de regar amb aigües reciclades i els carrers s'han d'omplir d'arbres caducs que no requereixen podes

*Paret vegetal a Vic.
(Foto cedida per Vivers Ter, SA).*

i tècnica en un futur immediat: s'hi alterna activitat lúdica amb aplicacions energètiques i evidentment de captació i laminació de temporals, esmorteïments tèrmics i captació de CO₂.

Les façanes verdes seran les depuradores d'aigües grises de l'edifici i les climatitzadores sobretot a l'estiu, perquè tècnicament es poden convertir en la font de refrigeració de l'edifici.

Àlex Puig Coll

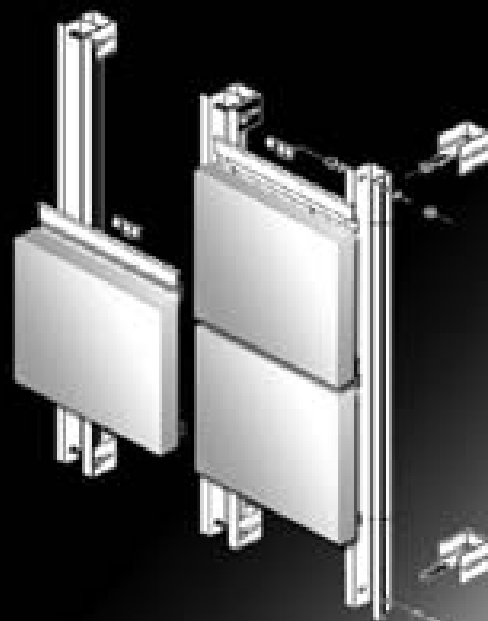
Gerent de Vivers Ter, SA

Façanes - Gelosies - Sostres - Cortines Gradulux®

Façanes ventilades - Alucobond®



Hotel BlauCel - Blanes



LUXALON® Sostre multipanell Série B - Escola Arquitectura València

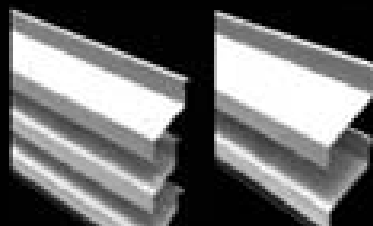


Sostre Reixella d' Alumini
LUXALON® 50 - E

Mc Donald's - Aeroport Palma Mallorca

Façanes i Gelosies

- Alumini Lacat
- Sense Manteniment



Hotel Royal Palace - Lloret de Mar

Estratègies per reduir l'impacte ambiental de l'edifici en la seva fase d'ús

32

Xavier Bustamante Pujadas
Alberto Sanz León
Lavola

Introducció

El desenvolupament sostenible, concepte formalitzat per primera vegada en el document conegut com a *Informe Brundtland* (1987), és aquell que satisfà les necessitats presents sense comprometre les possibilitats de les futures generacions d'atendre les seves pròpies necessitats, o en altres paraules, que procura que el creixement actual no posi en risc les possibilitats de creixement de les generacions futures.

L'aplicació d'aquest concepte obliga a tots els actors a repensar com estan fent les coses, i en concret, en l'àmbit de la construcció, a buscar i desenvolupar nous models d'edificis que minimitzin l'impacte ambiental en tot el seu cicle de vida: des de l'extracció de les matèries primeres, la fabricació, l'ús, etc., fins al final de la seva vida, és a dir, l'enderroc i/o desmuntatge.

Fruit d'aquest context de sostenibilitat, en els darrers anys s'han realitzat a Catalunya nombroses campanyes de sensibilització vers la població per tal d'incentivar l'estalvi i l'eficiència en l'ús de l'aigua i l'energia en els habitatges. Encara que aquestes campanyes són necessàries per sensibilitzar la població sobre l'ús responsable d'aquests recursos, cal incidir en la fase de disseny de les noves edificacions si volem reduir d'una manera dràstica el seu impacte ambiental.

És per això que aquest article pretén abordar algunes de les estratègies i tecnologies existents que es poden incorporar durant la

El desenvolupament sostenible és aquell que procura que el creixement actual no posi en risc les possibilitats de creixement de les generacions futures. En l'àmbit de la construcció, l'aplicació d'aquest concepte obliga a buscar i desenvolupar nous models d'edificis

fase de disseny d'un edifici, i que permetran un consum eficient d'energia i aigua associat a la seva fase d'ús. Alhora inclou també algunes estratègies i tecnologies que es poden incorporar en el moment de la rehabilitació d'un immoble i, fins i tot, quan se'n substitueix o s'hi incorpora algun element de la instal·lació en la fase de manteniment. A més, es presenten dos casos d'èxit en construcció sostenible a Catalunya: el Centre d'Atenció i Gestió de Trucades d'Urgència 112 de Reus i l'Ecoedifici de Lavola a Manlleu.

L'energia

Per tal d'assolir un consum eficient d'energia en un edifici disposem de tres estratègies bàsiques: la minimització de la demanda energètica, la maximització del rendiment dels sistemes i la incorporació d'energies renovables.

- **La minimització de la demanda energètica**

La demanda energètica en els edificis és conseqüència fonamentalment de les necessitats de climatització i d'il·luminació. Per reduir les necessitats de climatització podem incidir, entre d'altres aspectes, en l'orientació i en l'aïllament de l'edifici, mentre que per reduir la necessitat d'ús de llum artificial cal potenciar la llum natural.



*Exemple de protecció solar passiva.
(Foto: Mía Masgrau).*

L'orientació, en la mesura del possible, ha de permetre aprofitar la radiació solar a l'hivern i obtenir una protecció suficient a l'estiu. En aquest sentit, són de gran ajuda les proteccions solars (tant passives com actives), recomanades especialment per les obertures en cobertes i façanes orientades a sud-oest, i que poden ser tant artificials (elements fixos o mòbils, com viseres, tendals, persianes regulables, vidres especials, etc.) com naturals (per exemple, un arbrat de fulla caduca, que a l'estiu evitarà la insolació directa a les façanes i a l'hivern la permetrà).

Mentre que l'orientació és un factor sobre el qual en moltes ocasions no es pot influir, no es pot dir el mateix de l'aïllament tèrmic, que depèn exclusivament del projectista. Un edifici mal aïllat necessita més energia per mantenir la temperatura interior i es refreda més ràpidament quan se'n va la font de calor. A més, moltes de les infiltracions existents causades per desajusts en portes i finestres es poden evitar, de forma econòmica, amb l'aïllament correcte dels tancaments.

Encara que és imprescindible un bon aïllament, no és menys cert que per garantir la qualitat de l'aire interior cal una bona ventilació. El procediment més simple és la ventilació natural creuada, que consisteix a generar obertures estratègicament ubicades per facilitar l'ingrés i sortida del vent a través dels espais interiors de l'edifici. Finalment cal recordar que el concepte bàsic per reduir les necessitats d'il·luminació és potenciar l'ús de la llum natural. A més, en potenciar-la no només s'assoleix un estalvi directe en el consum d'energia elèctrica, sinó també un estalvi en la demanda d'energia tèrmica dels sistemes de climatització, ja que paral·lelament a l'emissió de llum, les lluminàries també emeten radiació en forma de calor.

• La maximització del rendiment dels sistemes

La il·luminació és un dels punts consumidors més importants, ja que de forma global consumeix al voltant del 20% de tota l'electricitat. És per això que l'ús de làmpades eficients (fluorescents d'alt rendiment, fluorescents compactes de primera generació, etc.) suposen un estalvi d'energia considerable, i a més tenen una vida mitjana superior. Altres solucions són, per exemple, la sectorització de l'enllumenat, que permet ajustar adequadament les necessitats lumíniques i el consum amb l'encesa i apagada dels llums segons l'ocupació de les zones d'una mateixa sala; els sistemes de control automatitzats i centralitzats, que permeten establir horaris d'encesa i apagada dels llums en funció de la utilització dels espais i evitar així que es quedin lluminàries enceses fora de les hores d'ús d'aquests espais; els sensors de presència, que connecten o desconnecten l'enllumenat en resposta a la presència o absència d'ocupants; o els sensors d'encesa en funció de la llum natural, que eviten l'ús de la il·luminació artificial en les zones pròximes a les finestres durant les hores en què la il·luminació exterior aporta suficients lux/m² per desenvolupar l'activitat prevista.

Respecte als sistemes de climatització, la utilització de bombes de calor geotèrmiques, de sistemes de control automatitzats que permeten ajustar els consums a les necessitats reals per evitar el

Hi ha diverses maneres d'obtenir un considerable estalvi d'energia: la sectorització de l'enllumenat, els sistemes de control automatitzats i centralitzats o els sensors de presència, entre altres

Algunes solucions per obtenir un sistema de climatització eficients són la utilització de bombes de calor geotèrmiques, de sistemes de control automatitzats, l'ús de sistemes *free-cooling* i *free-heating* o l'ús d'equips de climatització autònoms amb tecnologia *inverter*

malbaratament dels recursos en moments de baixa o nul·la ocupació, l'ús de sistemes *free-cooling* i *free-heating*, que introdueixen a l'edifici l'aire de l'exterior quan aquest és pròxim a les condicions de confort, de manera que no cal emprar energia per refrescar-lo o escalfar-lo, o l'ús d'equips de climatització autònoms amb tecnologia *inverter*, molt més eficients que els equips convencionals, són només algunes solucions per obtenir un sistema de climatització eficient. Per acabar aquest punt, i atès que les calderes en les nostres latituds són els elements més emprats per proporcionar calefacció i aigua calenta sanitària, es defineixen a continuació els principals tipus de calderes en funció de l'eficiència energètica:

- eficiència
-
- **Caldera estàndard.** Està dissenyada per treballar amb temperatures de retorn de l'aigua per sobre de 50°C i 70°C, depenent del combustible emprat. Se'n poden distingir de dos tipus: les d'eficiència normal, amb temperatures de fums inferiors a 240°C, i les d'alta eficiència, amb temperatures de fums més baixes, que poden arribar a estar per sota dels 140°C (sense condensacions) i que presenten millor rendiment.
 - **Caldera de baixa temperatura.** Pot funcionar contínuament amb una temperatura d'aigua d'alimentació entre els 35°C i 40°C. Això s'assoleix amb el disseny dels tubs de fums (doble o triple paret): la temperatura al costat dels fums es manté per sobre del punt de rosada. El seu rendiment és superior al de les calderes estàndard i la seva principal aplicació és en instal·lacions on es pugui treballar un elevat nombre d'hores a temperatures baixes.
 - **Caldera de condensació.** Està dissenyada per poder condensar de manera permanent una part important del vapor d'aigua contingut en els gasos de combustió, amb la qual cosa s'aprofita la calor latent de vaporització i s'augmenta el rendiment. A diferència de les calderes convencionals i de baixa temperatura, que poden aprofitar fins al PCI (poder calorífic inferior), les de condensació poden fer-ho fins al PCS (poder calorífic superior).
- +

• Ús d'energies renovables a l'edifici

Tota estratègia d'estalvi i eficiència energètica va acompanyada de l'ús d'energies renovables. L'actual context d'esgotament dels combustibles fòssils i de preocupació pel canvi climàtic converteixen les energies renovables en una de les apostes clau en la normativa actual del sector de l'edificació. Dins del concepte d'energia renovable podem trobar diferents tecnologies, que seran aplicables, en major o menor grau, en funció de les característiques de l'edifici, la parcel·la o la urbanització: solar tèrmica o fotovoltaica, minieòlica, geotèrmica, biomassa, etc.

Els sistemes d'energia solar tèrmica es poden emprar per a l'obtenció d'aigua calenta sanitària, però també per a l'escalfament de

piscines o calefacció (recomanat sobretot en el cas de terra radiant), en contraposició amb l'energia solar fotovoltaica, que permet la generació d'energia elèctrica.

L'energia minieòlica (aprofitament dels recursos eòlics mitjançant la utilització d'aerogeneradors de potència inferior a 100 kW), a diferència dels grans aerogeneradors, s'utilitza sobretot per al subministrament d'electricitat en llocs aïllats i allunyats de la xarxa elèctrica. Malgrat això, en alguns edificis de zones urbanes s'han instal·lat petits aerogeneradors a les cobertes, especialment en edificis alts amb gran potencial de generació elèctrica i que no comporten molèsties als veïns.

L'energia geotèrmica és aquella que prové de la font de calor interna de la Terra i pot ser utilitzada directament com a font de calor o bé transformada en energia elèctrica. Podem trobar-ne bàsicament de tres tipus:

- D'alta temperatura, que existeix en les zones actives de l'escorça i la seva temperatura està compresa entre 150°C i 400°C; es produeix vapor en la superfície, que s'envia a les turbines i genera electricitat.
- De temperatures mitjanes, on els fluids dels aqüífers estan a temperatures menys elevades, normalment entre 70°C i 150°C; la conversió vapor-electricitat es realitza a un menor rendiment, i cal utilitzar com a intermediari un fluid volàtil.
- De baixa temperatura, on els fluids s'escalfen a temperatures compreses entre 20°C i 60°C; aquesta energia s'utilitza per a necessitats domèstiques, urbanes o agrícoles.

La utilització de biomassa com a combustible presenta en alguns casos certs avantatges, sobretot si els generadors de biomassa són de darrera generació, amb elements d'ajustament de combustió continu:

- Permet eliminar residus orgànics i inorgànics, i al mateix temps els dóna una utilitat.
- És més econòmica, perquè el cost és més baix que el dels altres combustibles.

L'energia geotèrmica pot ser utilitzada directament com a font de calor o bé transformada en energia elèctrica. En trobem bàsicament de tres tipus: d'alta temperatura, de temperatures mitjanes i de baixa temperatura



*Pellets de fusta.
(Foto: Arxiu Masgrau-Yani).*

- És una font d'energia renovable.
- És una font d'energia menys contaminant, ja que es considera que les seves emissions de CO₂ són neutres.

Un dels productes que s'està potenciant és el pellet, un tipus de combustible de forma granulada i allargada a base de fusta. Aquest nou combustible es pot emprar en estufes i calderes automàtiques de pellets que, a més, han arribat al mateix nivell d'automatització i confort que les calderes de gas-oil o de gas, però amb l'avantatge de tenir unes emissions de gasos contaminants inferiors.

L'aigua

Per tal d'assolir un consum eficient d'aigua en els edificis necessitem minimitzar les seves necessitats hídriques, per una banda, i per l'altra, utilitzar noves fonts d'aigua.

• Minimització de les necessitats hídriques

Actualment hi ha al mercat diferents tecnologies que permeten reduir el consum d'aigua, tant a l'entrada com a la sortida de la instal·lació, com per exemple, els reductors de cabal, els limitadors d'aigua, els controladors i reguladors de temperatura o els airejadors, entre d'altres.

Els reductors de cabal permeten disminuir la pressió d'entrada d'aigua i, per tant, reduir el cabal a la sortida. Entre una pressió de 2 bar i una de 6 bar el diferencial de cabal és un augment del consum entre el 60% i el 75%, per tant és recomanable treballar a la mínima pressió possible, de forma genèrica entorn de 3 bar. També es pot optar per limitadors d'aigua, que són utensilis que restringeixen el temps d'ús de l'aigua i/o el cabal. Normalment són sistemes manuals o automàtics els quals en accionar-los es temporitzen en un temps limitat de sortida d'aigua i a un cabal determinat. Dins d'aquest tipus d'economitzadors d'aigua trobem les aixetes temporitzades, que poden ser de dos tipus: amb temporitzador mecànic o del tipus electrònic, amb accionament automàtic (amb sensor) en col·locar les mans a sota l'aixeta i d'aturada en treure-les. També podem utilitzar controladors i reguladors de la temperatura, que són equips que tenen per funció efectuar una mescla de l'aigua calenta amb la freda per distribuir-la en el lloc d'ús: en evitar el vessament inicial d'aigua per aconseguir la temperatura ideal de cada usuari, hi ha un estalvi d'aigua i d'energia.

Un altre sistema fàcil d'incorporar a les aixetes són els airejadors, que són uns elements dispersors que barregen aire amb aigua basant-se en la pressió (efecte Venturi), de manera que el cabal que surt per l'aixeta es redueix (fins a un 50%), però se'n manté la utilitat, és a dir, conserva la mateixa sensació de volum de sortida d'aigua. En referència als equips sanitaris de vàters i orinadors, hi ha diferents solucions que permeten un consum eficient de l'aigua en la seva fase d'ús:

- vàters amb sistema de doble descàrrega elegible a 3 o 6 litres (en comptes dels habituals 10-12 litres)

Són diverses les tecnologies que permeten reduir el consum d'aigua: els reductors de cabal, els limitadors d'aigua, els controladors i reguladors de temperatura o els airejadors, entre d'altres

- urinaris amb polsadors de flux interromput, que quan es creu que l'aigua descarregada és suficient es torna a prémer el botó i la descàrrega s'interromp
- fluxòmetre, que és una aixeta que produeix una descàrrega a gran pressió en un vàter sense necessitat de cisterna
- lavabos o urinaris secs, que són orinadors amb una capa d'acabat de gel protector (*gelcoat*) que evita l'adhesió de líquid a la seva superfície i facilita que aquest llisqui pel sífó. El sífó porta un líquid especial, d'una densitat inferior que l'aigua, que permet que l'orina desguassi cap a la xarxa de clavegueram, mentre que el líquid especial resta al sífó. Amb aquests urinaris secs s'evita la descàrrega d'aigua, que és d'aproximadament tres litres per servei habitual en els urinaris murals convencionals.

• Utilització de noves fonts d'aigua

Per tal de reduir el consum d'aigua sanitària provinent de la xarxa d'abastament, hi ha tecnologies que permeten emmagatzemar i utilitzar l'aigua de pluja, així com reutilitzar les aigües grises, que són aquelles que provenen d'altres usos domèstics (la dutxa, la rentadora, el rentamans, etc.) i que encara es poden reutilitzar per a les cisternes dels vàters, sempre que se'ls faci un tractament previ. L'aigua de pluja pot ser un complement que permet evitar consums d'altres fonts, però no es pot considerar un substitut de l'aigua de xarxa, ja que l'obtenció no és totalment previsible, i a més segons la normativa vigent la seva qualitat no permet que sigui utilitzada com a aigua de boca.

Actualment hi ha equipaments domèstics d'aplicació directa d'aigua de pluja (sistemes de connexió a les canaleres de baixada d'aigües de pluja de les teulades, amb filtre, dipòsit d'estoc i equipament de distribució a reg, sanitaris, rentadores, etc. i, alhora, amb el sobreixidor del dipòsit connectat a la canalera que va al clavegueram), i darrerament han aparegut materials de construcció i disseny de terrats i teulades per a l'aprofitament d'aquestes aigües que, integrats en l'arquitectura bioclimàtica, poden efectuar una tasca de filtració de l'aigua de pluja i, alhora, d'acumulació per a usos interiors o exteriors de l'edifici.

Per implementar un sistema de reutilització d'aigües grises cal una segona xarxa de canonades independents que porti les aigües de la dutxa, banyera, rentamans, etc. cap a una instal·lació de tractament i dipòsit d'emmagatzematge, des d'on es bombeja l'aigua tractada cap als vàters mitjançant una xarxa pròpia. Per al cas que les aigües grises no proveeixin l'aigua necessària per a les cisternes dels vàters, el dipòsit d'emmagatzematge pot disposar d'una alimentació de l'aljub d'aigües pluvials o de la xarxa de proveïment. En tot cas, cal tenir en compte que el sistema ha d'impedir que puguin posar-se en contacte les aigües de tots dos orígens i s'han de revisar periòdicament les condicions sanitàries de l'aigua emmagatzemada.

Són diverses les tecnologies que permeten reduir el consum d'aigua: els reductors de cabal, els limitadors d'aigua, els controladors i reguladors de temperatura o els airejadors, entre d'altres

El Codi tècnic de l'edificació estableix una sèrie de requisits mínims respecte a la recollida i evacuació dels residus en els edificis d'habitatges de nova construcció, però el secret per disminuir els residus domèstics està sobretot a repensar els nostres hàbits

Els residus

Segur que molts de vosaltres haureu escoltat alguna vegada, o fins i tot patit en primera persona, la següent reflexió: “I com reciclo, si no tinc espai a la cuina ni per als contenidors?”. Aquesta situació, habitual en molts habitatges, va ser esmenada amb l'entrada en vigor del Codi tècnic de l'edificació, on es van definir uns requisits mínims respecte dels espais necessaris per poder allotjar els diferents contenidors de cadascuna de les fraccions de residus generats als habitatges de nova construcció.

D'altra banda, i per tal de mitigar l'impacte ambiental de la gestió i tractament de residus sòlids urbans, hi ha diverses estratègies encaminades a reduir la generació de residus domèstics, alguna de les quals es descriuen més endavant.

• Codi tècnic de l'edificació

Tal i com hem comentat, el Codi tècnic de l'edificació estableix una sèrie de requisits mínims respecte a la recollida i evacuació dels residus en els edificis d'habitatges de nova construcció. Sense entrar en detall, i centrant-nos únicament en aquells espais situats a l'interior de l'habitatge, s'explicita que cada immoble ha de disposar d'espais (*espais d'emmagatzematge immediat*) per emmagatzemar cada una de les cinc fraccions dels residus ordinaris que s'hi generin¹ (envasos lleugers, matèria orgànica, paper i cartró, vidre i resta), establint el mètode de càlcul de la superfície i el volum de l'espai d'emmagatzematge, que en cap cas haurà de ser inferior a 30x30 cm, i igual o més gran que 45 dm³ per a cada fracció. A més, s'explicita on s'han de situar els espais destinats als residus, la seva accessibilitat i l'acabat de les superfícies de qualsevol element que estigui situat a menys de 30 cm dels límits de l'espai d'emmagatzematge, i que com a mínim han de ser impermeables i fàcilment rentables.

• La minimització en la producció de residus domèstics

La generació de residus depèn principalment dels nostres (bons o dolents) hàbits. A les famoses 3R –reduir, reutilitzar i reciclar–, caldria afegir una quarta R, la de repensar. El secret per disminuir els residus domèstics està sobretot a repensar els nostres hàbits, fet que ens permetrà trobar solucions per minorar dràsticament els residus generats.

Per exemple, hi ha diverses solucions per reduir els residus d'envasos i embalatges: comprar productes en envasos familiars, comprar productes a granel, comprar productes concentrats, evitar la compra de productes amb excés d'embolcalls i productes d'un sol ús, i utilitzar les nostres pròpies bosses per anar comprar. També

¹ En el cas d'habitatges aïllats o agrupats horitzontalment, per a les fraccions de paper/cartró i vidre es pot utilitzar com a espai d'emmagatzematge immediat el magatzem de contenidors d'edifici (magatzem obligatori per a edificis en el cas que la recollida d'alguna de les fraccions de residus es faci porta a porta).

podem optar pels horts urbans per conrear verdures i hortalisses en el balcó o terrassa i així estalviar-nos-en la compra i, per tant, el seu impacte (residus d'embalatges, etc.). A més, si disposem de l'espai adequat, podem optar per transformar els nostres residus de matèria orgànica en compost (adob orgànic) utilitzant els anomenats compostadors.

Certificacions d'edificis

De manera anàloga a l'etiquetatge de productes, hi ha també diferents certificacions ambientals per a edificis, que poden ser obligatòries, com per exemple la certificació energètica dels edificis de nova construcció, o voluntàries, com ara la certificació LEED o el Distintiu de Garantia de Qualitat Ambiental.

• **Certificació energètica dels edificis**

La certificació d'eficiència energètica dels edificis és una exigència de la Directiva 2002/91/CE. Aquesta directiva es va traslladar parcialment a l'ordenament jurídic a nivell espanyol a través del Reial decret 47/2007, de 19 de gener, pel qual s'aprova el procediment per a la certificació d'eficiència energètica d'edificis de nova construcció. Mitjançant l'etiqueta d'eficiència energètica s'assigna a cada edifici nou una classe energètica d'eficiència, que variarà de la classe A, per als energèticament més eficients, fins a la G, per als menys eficients.

Malauradament el RD 47/2007 només afecta els edificis nous i encara no s'ha publicat cap normativa que defineixi el procés de certificació energètica per a edificis existents.

Hi ha diferents certificacions ambientals per a edificis de nova construcció, com per exemple la certificació energètica, però encara no s'ha publicat cap normativa que defineixi el procés de certificació energètica per a edificis existents

Certificació Energètica d'Edificis Indicador kgCO ₂ /m ²	Edifici Objecte	Edifici Referència
	11.2 B	25.9 D
Demanda calefacció kWh/m ²	C 40,9	C 55,9
Demanda refrigeració kWh/m ²	B 4,7	D 12,0
Emissions CO ₂ calefacció kgCO ₂ /m ²	B 8,6	C 17,9
Emissions CO ₂ refrigeració kgCO ₂ /m ²	C 1,8	E 4,6
Emissions CO ₂ ACS kgCO ₂ /m ²	A 0,8	D 3,4

Etiqueta energètica.

Exemple d'ecoetiquetes.



Exemples d'ecoetiquetes, o etiquetes ecològiques, són el distintiu de garantia de qualitat ambiental, promogut per la Generalitat de Catalunya, o la certificació LEED, promoguda per Unitet States Green Building Council. Aquestes etiquetes ambientals avaluen l'impacte de l'edifici al llarg de tot el seu cicle de vida

• Certificacions voluntàries

Les etiquetes ecològiques són sistemes voluntaris de qualificació ambiental que identifiquen i certifiquen de forma oficial que certs productes o serveis, dins d'una categoria determinada, tenen una menor afectació sobre el medi ambient.

Exemples d'aquest tipus d'ecoetiquetes que han establert criteris ambientals per a determinats tipus d'edificis són el distintiu de garantia de qualitat ambiental, promogut per la Generalitat de Catalunya (www.gencat.cat), o la certificació LEED, promoguda per Unitet States Green Building Council (www.usgbc.org), organització americana sense ànim de lucre fundada l'any 1993 i dedicada a la promoció de la construcció d'edificis sostenibles. El LEED s'ha anat imposant a altres certificats de característiques semblants, fins a l'extrem que actualment és el segell de certificació d'edificis sostenibles amb més reconeixement internacional.

A diferència de l'etiqueta energètica, que se centra només en un aspecte concret –l'energia–, les etiquetes ambientals avaluen l'impacte de l'edifici al llarg de tot el seu cicle de vida, i tenen en compte, entre d'altres, l'ús de les matèries primeres, els consums d'aigua i energia, les emissions a l'atmosfera, la generació de residus, etc., en cadascuna de les seves fases.

Exemples d'edificis sostenibles

Fins ara hem fet un repàs teòric d'algunes de les solucions que es poden implementar per a la millora ambiental d'un edifici. A continuació es mostra com es poden dur a terme a la pràctica presentant dos casos d'èxit d'edificis concebuts des d'una perspectiva de sostenibilitat.

• Centre d'Atenció i Gestió de Trucades d'Urgència 112 de Reus

El Centre d'Atenció i Gestió de Trucades d'Urgència 112 de Reus, inaugurat de fa poc, gestiona de forma integral les emergències pels serveis d'urgència sanitària, extinció d'incendis i salvament, seguretat ciutadana i protecció civil. Es tracta d'un centre pioner a Europa per la seva capacitat d'integrar en xarxa el treball dels diferents cossos implicats i per disposar de tecnologia punta per a la gestió de totes les tasques. Al principi de desembre de 2010 va aconseguir la certificació LEED.

L'edificació, de gairebé 15.000 m², ha estat dissenyat sota criteris de sostenibilitat que minimitzaran l'impacte ambiental i la petjada ecològica durant tot el seu cicle de vida (treballs previs, construcció, ús i final de vida). Gràcies als criteris incorporats l'edifici estalviarà recursos (aigua, energia, etc.), minimitzarà la generació de residus i els gestionarà correctament, crearà models de mobilitat més sostenibles, reduirà l'impacte en el paisatge, etc.

Les solucions ambientals incorporades al Centre de Coordinació d'Emergències han estat, de manera genèrica, les següents:

- Adequació de l'edifici a la parcel·la i respecte per les preexistències.
- Eficiència i màxim estalvi en l'ús de l'aigua.
- Màxima eficiència energètica i mínima contaminació atmosfèrica.
- Tria de materials respectuosos i estalvi de recursos.
- Qualitat ambiental de l'aire interior.

Els criteris de sostenibilitat adoptats en el projecte resulten d'un estudi previ de les alternatives en el qual es va valorar la relació cost-eficiència. Generalment amb solucions senzilles i que requereixen un esforç econòmic nul o moderat s'aconsegueixen reduccions en l'impacte ambiental i estalvis en el consum de recursos molt importants. En aquest sentit, cal dir que les solucions més innovadores i tecnològicament més avançades, tot i ser interessants, no sempre són les més adequades i resulten difícils d'amortitzar, i és per això que s'han incorporat mesures òptimes i contrastades, seguint la sostenibilitat real i eficaç.

Les figures 1 i 2 mostren de manera esquemàtica les solucions ambientals incorporades a l'edifici:

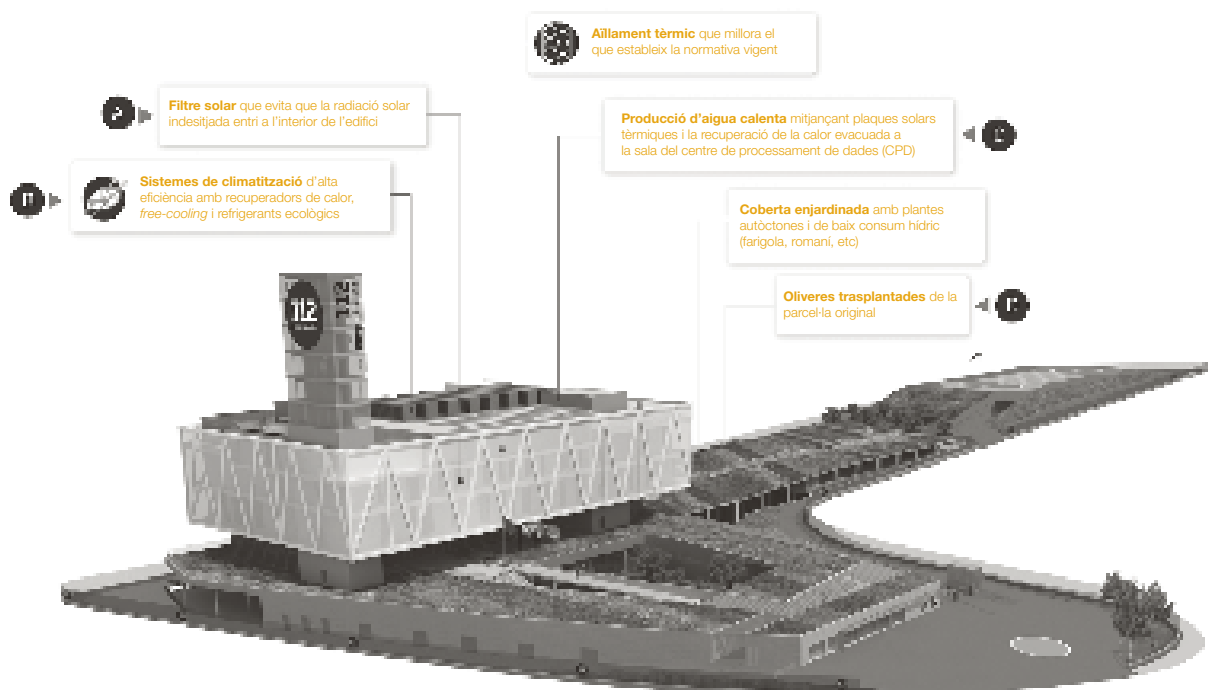


Figura 1. Vista exterior de l'edifici.
(Font: Elaborat per Lavola a partir d'una imatge d'IDOM).

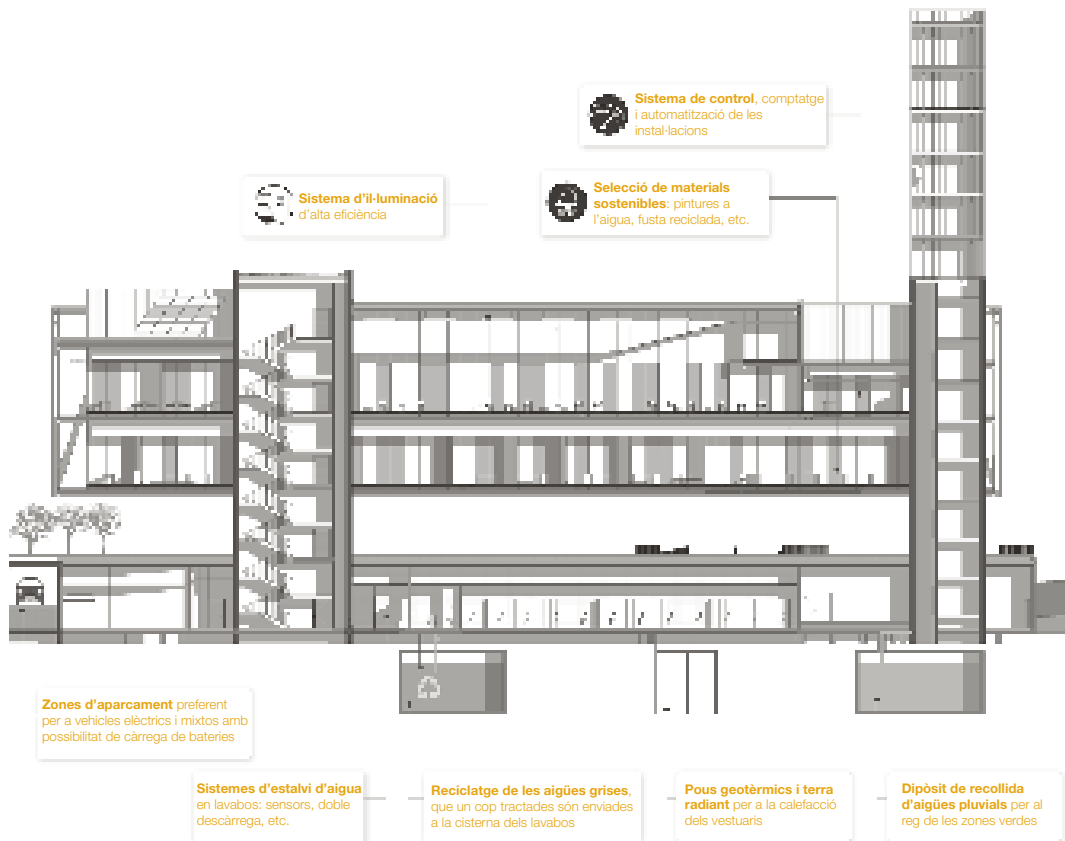


Figura 2. Vista interior de l'edifici.
(Font: Elaborat per Lavola a partir d'una imatge d'IDOM).

L'Ecoedifici (situat a Manlleu) segueix els criteris de sostenibilitat de: màxim estalvi en el consum de recursos i mínima generació de residus durant tot el seu cicle de vida; elecció dels industrials, proveïdors i productes en funció dels criteris de proximitat, sensibilitat socioambiental i disposició de productes i serveis amb ecoetiqueta homologada, i integració en l'entorn urbà existent

A la Taula 1 (pàgina següent) es detalla el balanç d'aigua i energia del Centre respecte al d'un edifici convencional de similars característiques. Com es pot observar, l'estalvi estimat respecte a un edifici convencional és del 50% d'aigua i del 34% d'energia, aproximadament.

• L'Ecoedifici

L'Ecoedifici (www.ecoedifici.com), situat a Manlleu, és la seu de Lavola, empresa de serveis per a la sostenibilitat. La fusió del projecte arquitectònic, realitzat per Miquel Sitjà, i del projecte d'enginyeria (elaborat pels enginyers de Lavola), va permetre dissenyar un edifici d'acord amb les necessitats de l'empresa i seguint els criteris de sostenibilitat de:

- Màxim estalvi en el consum de recursos (materials, aigua i energia) i mínima generació de residus durant tot el seu cicle de vida: construcció, ús i funcionament, i de construcció.
- Elecció dels industrials, proveïdors i productes d'acord amb el compromís social i ambiental de Lavola i en funció dels criteris de proximitat, sensibilitat socioambiental i disposició de productes i serveis amb ecoetiqueta homologada.

AIGUA	Consum per m² (m ² /m ² i any)	Edifici convencional	Centre 112 Reus	Estalvis d'Aigua	PRODUCCIÓ ENERGIES RENOVABLES 100% de l'Aigua Calenta Sanitària (ACS) Gràcies a les plaques solars tèrmiques i a la recuperació al CPD. 30.000 KWh/any mitjançant les plaques fotovoltaïques es genera tanta electricitat com la que consumirien 13.500 bombetes funcionant durant 24 hores seguides.
	Consum total (m ² /edifici i any)	0,30	0,15	0,15	
ENERGIA	Consum per m² (KWh/m ² i any)	Edifici convencional	Centre 112 Reus	Estalvis d'Energia	ESTALVIS Estalvis en el Centre 112 Reus respecte un edifici convencional Aigua 50% Energia 34%
	Consum total (m ² /edifici i any)	2.350	1.175	1.175	
EMISSIONS DE CO₂	Consum per m² (kg CO ₂ /m ² any)	Edifici convencional	Centre 112 Reus		1 turisme consumeix anualment 1,8 tCO ₂ fent 10.000 km/any 1 arbre absorbeix anualment 25 kg CO ₂ eq 1 bombeta consumeix 100 W cada hora
	Consum total (t CO ₂ de l'edifici/any)	56	37	19	
		445	295	150	

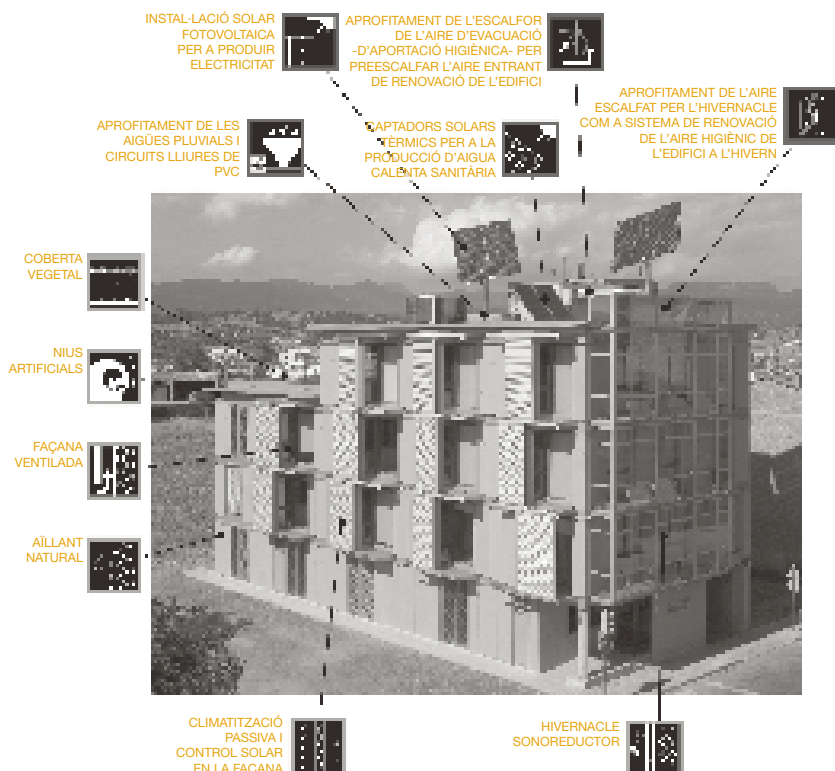
Taula 1. Balanç aigua i energia.

- Integració en l'entorn urbà existent.
- Adaptació a la climatologia local.
- Creació d'un espai flexible que permeti la relació fàcil entre els llocs de treball, i que es pugui adaptar als canvis d'organització de l'empresa.
- Concepció participativa, a partir del diàleg i l'intercanvi entre els professionals redactors dels projectes arquitectònics i d'instal·lacions i els futurs ocupants de l'edifici.

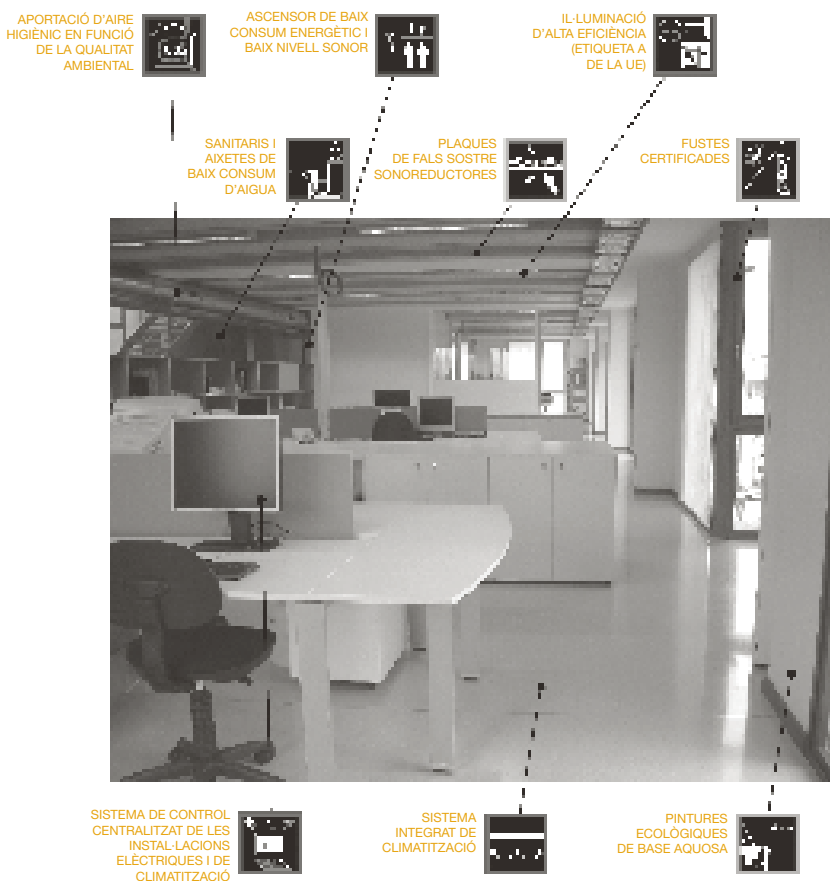
Des de la seva construcció, l'Ecoedifici ha rebut els següents guardons i acreditacions: Premi a la sostenibilitat per a projectes professionals del Col·legi d'Enginyers Tècnics i Industrials de Barcelona (2004); Distintiu de Garantia de Qualitat Ambiental, del Departament de Medi Ambient i Habitatge, en la categoria de servei d'edificis d'ús d'oficines (2006); Premi Uponor d'Arquitectura i Enginyeria que reconeix el projecte d'arquitectura i enginyeria, així com les ecosolucions aplicades en la seva construcció (2007); Premi Solar 2007 corresponent a la categoria de "Projectes d'arquitectura solar realitzats" i Premi GreenBuilding que reconeix l'ecoedifici per la seva eficiència energètica (2008) i la certificació LEED (2010).

Els principis i solucions d'eficiència i sostenibilitat aplicats, així com els estalvis aconseguits respecte a un edifici convencional de les mateixes característiques, s'expliquen a continuació de manera esquemàtica:

Estratègies per reduir l'impacte ambiental de l'edifici en la seva fase d'ús



Vista exterior de l'edifici. (Font: Lavola).



Vista interior de l'edifici. (Font: Lavola).

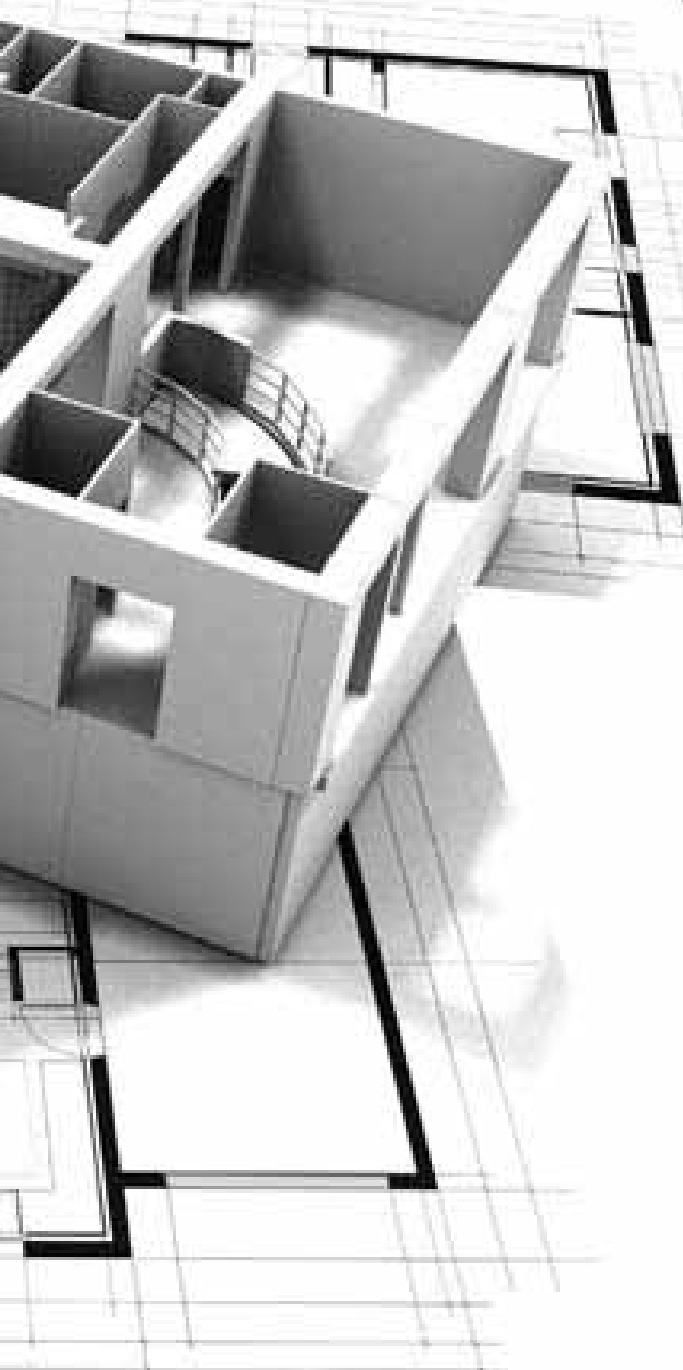
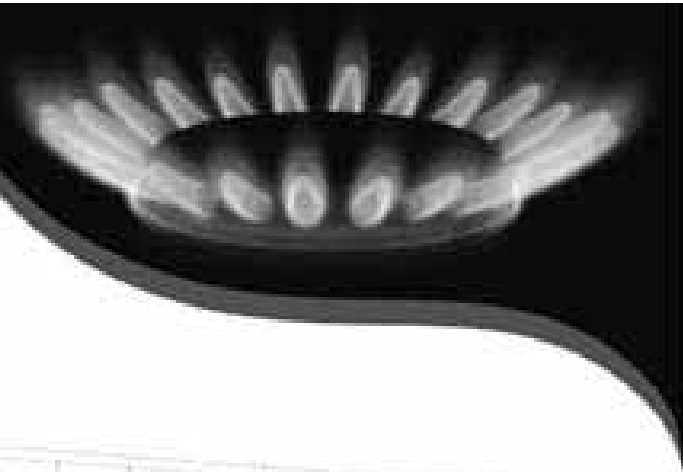
ENERGIA	EDIFICI CONVENCIONAL	ECOEDIFICI	
CONSUM D'ENERGIA NO RENOVABLE (kWh/any)	222.561	167.913	
PRODUCCIÓ D'ENERGIA RENOVABLE (kWh/any)		5.096	La producció fotovoltaica ha representat un 3,03% del consum energètic total
BALANÇ EDIFICI DE 1.432 m ²	222.561	162.817	S'ha estalviat un 27% en relació amb un edifici estàndard
BALANÇ (kWh/m ² i any)	155	114	
EQUIVALENT Tn CO ₂ EMESES	90	50	S'han deixat d'emetre 39,22 tones de CO ₂

AIGUA	EDIFICI CONVENCIONAL	ECOEDIFICI	
CONSUM AIGUA DE XARXA (m ³)	551	200	Hi ha hagut un 64% d'estalvi en el consum d'aigua de xarxa
AIGUA DE PLUJA APROFITADA (m ³)		49	
AIGUA TOTAL CONSUMIDA (m ³)	551	249	L'estalvi en el consum total d'aigua ha estat del 55%
LITRES/PERSONA/DIA (65 persones i 365 dies/any)	21	10	

Taula 2. Balanç d'aigua i energia. (dades any 2009).

Com es pot observar a la Taula 2, l'estalvi estimat, respecte a un edifici convencional, durant l'any 2009 ha estat d'un 55% d'aigua i un 27% d'energia, fet que ha permès deixar d'emetre 39 tones de CO₂, aproximadament.

Xavier Bustamante Pujadas
 Enginyer industrial
 Responsable d'edificació sostenible de Lavola
Alberto Sanz León
 Tècnic de Lavola
 Llicenciat en biologia i ciències ambientals



Tota l'energia que us cal per als vostres projectes

Instal·lar gas natural a les noves construccions augmenta el seu valor. Per a això, Gas Natural Fenosa us ofereix assessorament personalitzat i assistència tècnica per tal que el pugueu incorporar als vostres projectes.

Amb gas natural, els edificis tenen més bona certificació energètica. Els nostres especialistes us aconsellaran per tal que els vostres projectes prenguin forma de manera eficient, tant en l'aspecte tècnic com econòmic.

Els vostres projectes milloren amb gas natural: l'energia del segle XXI.

Per a més informació, truqueu-nos al

902 212 211

o entreu a www.professionals.gasnaturalfenosa.cat

gasNatural 
fenosa

L'ús de les tècniques de bioenginyeria en àmbits fluvials

48

Albert Sorolla Edo
Joaquim Bosch Bosch

Introducció

Amb aquest article volem mostrar el gran potencial i possibilitats de l'ús de les tècniques de bioenginyeria en les obres realitzades en àmbits fluvials, tant per resoldre els conflictes propis de dinàmica i implantació urbana com per als processos de restauració. En la voluntat d'aconseguir el bon estat ecològic de rius i riberes, aquestes tècniques esdevenen una eina de gran interès.

S'hi inclou una petita presentació de l'ús d'aquestes tècniques de bioenginyeria en obres realitzades aquí a Catalunya, i molt particularment a Girona.

La bioenginyeria

La bioenginyeria (o bioenginyeria del sòl; it. *ingegneria naturalistica*; port. *engenharía natural*; angl. *soil bioengineering*; al. *Ingenieurbiologie*) és una disciplina específica de l'enginyeria que estudia les propietats tècniques i biològiques de les plantes vives i de fragments vius d'espècies autòctones, i la seva utilització, de manera aïllada o en combinació amb materials inerts com ara la pedra, la fusta o l'acer, com a elements de construcció en les obres de recuperació de l'entorn ambiental amb finalitat antierosiva o d'estabilització.

La bioenginyeria és una disciplina específica de l'enginyeria que estudia les propietats tècniques i biològiques de les plantes vives i de fragments vius d'espècies autòctones, i la seva utilització

El codi deontològic de la bioenginyeria plasma gràficament els principis bàsics d'aquesta disciplina. Entre aquests principis hi ha el d'adoptar sempre la tecnologia menys complexa amb el mateix resultat, i considerar sempre la hipòtesi de la no-intervenció. S'entén per solució menys complexa la que requereixi menor nivell d'energia, això és, menor complexitat, més sostenible (vegeu Figura 1).

Principis per a les intervencions en àmbits fluvials

La bioenginyeria és una eina que facilita les intervencions de millora ambiental en àmbits fluvials. Per a la seva utilització s'haurà d'examinar i entendre el riu en el seu conjunt, encara que s'actui a nivell local, i atendre dos principis essencials: intervenció mínima i àrea mínima.

Els boscos de ribera són un element clau en les zones de ribera, amb nombroses funcions:

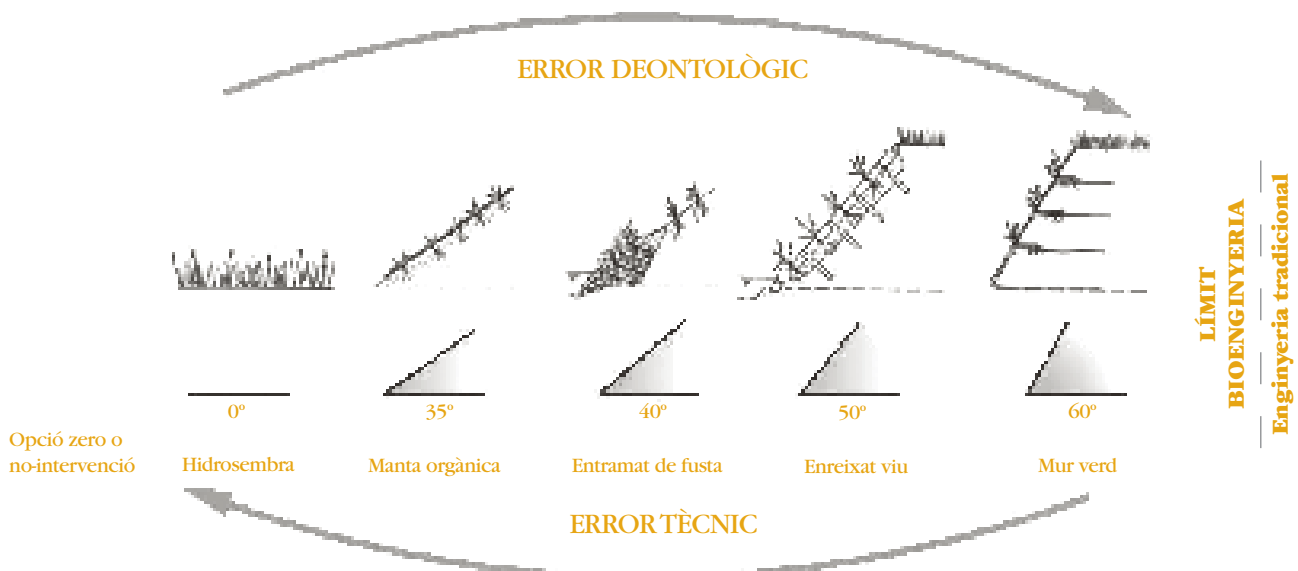
- La vegetació regula el microclima dels cursos d'aigua.
- La vegetació assegura l'estabilitat de les ribes.
- La vegetació de ribera ofereix hàbitat terrestre.
- La vegetació és una font d'aliment per a la vida aquàtica i terrestre.

Per a l'aplicació de la bioenginyeria en l'àmbit fluvial és indispensable disposar de bons estudis hidràulics i geomorfològics.

Per assegurar la idoneïtat de les tècniques de bioenginyeria aplicables des del punt de vista hidràulic pel que fa a la resistència s'han de tenir en compte els següents paràmetres de disseny:

- La velocitat del corrent en m/s.
- La tensió o resistència al tall τ (N/m²).
- El nivell mitjà o alçada mitjana de les aigües en condicions ordinàries.
- La cota d'erosió transitòria, en rius com els mediterranis, amb gran mobilitat del llit de graves.

Figura 1. Codi deontològic de la bioenginyeria. (Font: NTJ 12S PART 5).



Aquests paràmetres indicaran la viabilitat o no d'aplicar aquestes tècniques i els detalls constructius necessaris per adaptar-nos a les particularitats de cada tram.

Amb la intenció de simplificar els paràmetres de disseny i eventualment quantificar els efectes en el medi fluvial (escorrentia i/o morfologia), sembla evident i oportú considerar la vegetació un element més del contorn de les seccions de flux, i que exerceix una funció resistiva al pas dels cabals circulants.

La presència de sistemes vegetals és fàcilment associable, en funció de certs paràmetres geomètrics, als coeficients de resistència i de pèrdua d'energia del flux. Un dels factors freqüentment utilitzats en hidràulica és el coeficient de Manning, que s'associa a les pèrdues de càrrega en un flux amb superfície lliure.

La bioenginyeria treballa sempre amb espècies vegetals i és molt important definir les adequades: no podem treballar amb un salze en una rambla mediterrània ni amb alocs al Pirineu

Materials de bioenginyeria

Les tècniques de bioenginyeria resulten de l'aplicació en obra dels materials (materials vegetals vius, materials vegetals morts, materials naturals inerts i materials artificials manufacturats) i dels elements compostos que les seves combinacions permeten.

Els salzes (*Salix sp*) són probablement el gènere de plantes llenyoses més utilitzades, junt amb els tamarius (*Tamarix sp*), els alocs (*Vitex agnus-castus*) i els baladres (*Nerium oleander*), en l'àmbit mediterrani. També són presents a la península ibèrica i Balears espècies herbàcies amb propietats que les fan idònies per aplicar-les en la bioenginyeria fluvial, com ara el lliri groc (*Iris pseudacorus*), el canyís (*Phragmites australis*), el jonc comú (*Scirpoides holoboenus*), el jonc agut (*Juncus acutus*), els càrexs (*Carex pendula*, *Carex cuprina*), les bogues (*Typha sp*), etc.

És molt important tenir en compte en aquest apartat els temes següents:

- Elecció correcta del material vegetal viu.
- Obtenció del material vegetal viu.
- Transport del material vegetal viu.
- Aplegada del material vegetal viu en viver d'obra.
- Preparació de les estaques, vares, branques i feixines vives.
- Material vegetal viu de vivers especialitzats.

La bioenginyeria treballa sempre amb espècies vegetals: els límits del desenvolupament d'aquestes espècies marquen els límits de les tècniques. No podem treballar amb un salze en una rambla mediterrània ni amb alocs al Pirineu. Per tant, amb la tècnica és molt important definir les espècies vegetals adequades. Per altra banda, dins d'una mateixa espècie hi ha adaptacions locals que poden ser un gran avantatge per al seu desenvolupament: resulta, doncs, molt important treballar amb material vegetal tan proper a la zona d'obra com sigui possible.

De fet la bioenginyeria resulta una tècnica molt útil per a la revegetació d'una zona afectada per les obres d'una infraestructura amb els mateixos vegetals que han quedat afectats.

En treballar amb material viu s'ha de tenir especial cura amb la

manipulació i estucatge del material i cal evitar que s'assequi. Quant a les feixines i estaques, s'han de produir a mesura que les anem necessitant i emmagatzemar-les a l'ombra i amb un bon nivell d'humitat. Per la mateixa raó totes les tècniques que tenen com a base l'ús d'arbres i arbusts s'han de realitzar a l'hivern, quan les espècies estan en parada vegetativa.

També resulta molt important que els materials siguin de qualitat, fet que esdevé molt rellevant en tècniques mixtes, com els biorotlles, geomalles... Per exemple un biorotlle pot estar vegetat amb planta que no és pròpia de la zona, amb ecotips llunyans, pot ser que la planta no estigui adequadament desenvolupada o que sigui de baixa densitat, fet que pot provocar un rentat de fibres i que el biorotlle perdi la seva capacitat de resistència i al final la viabilitat de la tècnica.

Per totes les raons mencionades es recomana que en qüestió de la planta es treballi amb viviers especialitzats i amb els subministradors propis de material de bioenginyeria. Si no es disposa de la planta adequada, el material o els recursos és preferible dur a terme tècniques més simples o pensar en una altra intervenció. Cada error tècnic o deontològic és un fre al futur d'aquestes tecnologies.

Aplicació de les tècniques de bioenginyeria en àmbits fluvials

En les tècniques de bioenginyeria es poden diferenciar tres grans grups:

- *Les tècniques vegetals*, en les quals són les plantes vives les que resolen satisfactòriament les forces desestabilitzadores del sòl.
- *Les tècniques mixtes*, en què intervenen materials inerts com ara pedra, fusta, geoproductes o acer, a més de les plantes vives.
- *Les tècniques complementàries* compleixen altres funcions –com poden ser ecològiques o paisatgístiques– que no són la protecció superficial o l'estabilització.

L'aplicació de les tècniques de bioenginyeria té uns condicionants generals d'aquestes tècniques i uns de particulars o específics dels àmbits fluvials que s'hauran de conèixer i valorar a l'hora de projectar i decidir la seva aplicació. D'entre aquests condicionants destaquem:

- *Material vegetal adequat*. Es requereix una gran quantitat de material vegetal per a la realització de les obres, que no sempre està disponible en la zona d'intervenció o en la seva proximitat.
- *Personal qualificat i entrenat*. La mà d'obra incideix de manera notable en el cost de les obres i en el seu èxit, per la qual cosa cal tenir personal format per executar-les.
- *Condicionants hidràulics*. Les tècniques de bioenginyeria tenen limitacions des del punt de vista hidràulic pel que fa a la resistència a certs paràmetres: velocitat del corrent, tensió o nivell mitjà de les aigües en condicions ordinàries.

A causa de la dinàmica pròpia dels ambients fluvials cal una bona tasca prèvia de projecció i una bona definició de detalls per adaptar-se correctament a les singularitats de la zona de treball.

És molt important que els materials siguin de qualitat, fet que esdevé molt rellevant en tècniques mixtes, i es recomana que pel que fa a les plantes es treballi amb viviers especialitzats i amb els subministradors propis de material de bioenginyeria

Tècniques de recobriment i estabilització en àmbits fluvials

Tenen la seva màxima aplicabilitat en els trams mitjà i baix del riu. Allà, als sòls ribereus i els seus marges, és on es troba de forma natural la vegetació ripària que permet aquestes tècniques.

A continuació s'enumeren les tècniques de recobriment i d'estabilització d'aplicació en àmbits fluvials:

Tècniques de recobriment

- Decapatge i cobertures amb terra vegetal
- Sembres
- Hidrosembres i hidromantes
- Plantacions d'espècies herbàcies
- Implantacions de fragments de plantes
- Trasplantació de pans d'herba
- Plantació d'herbassars estructurats

Tècniques d'estabilització

- Plantacions d'arbres i arbusts
- Estacatge de ribera
- Construcció de raspalls vius
- Construcció de pintes vives
- Feixines
- Trenats vius
- Estrats vius de branques i pedres
- Llits vius
- Palissada viva filtrant
- Estores vives

Exemples de tècniques de recobriment i estabilització en àmbits fluvials

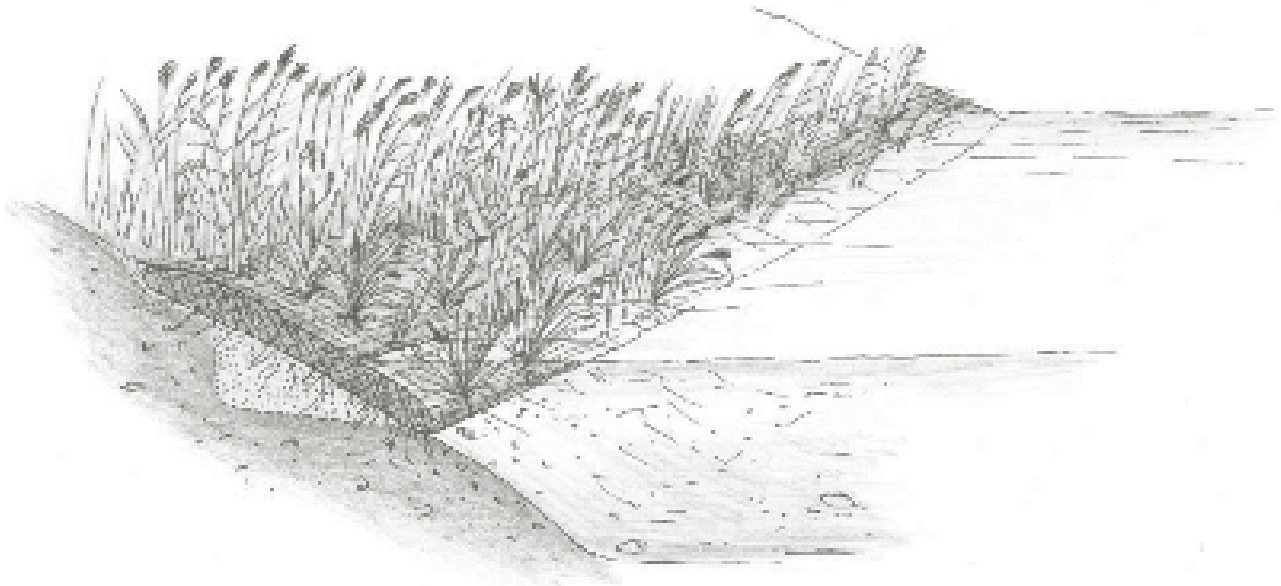
Plantació d'herbassars estructurats

Els helòfits són unes espècies vegetals que creixen a la primera línia de l'aigua i que un cop desenvolupades les seves arrels poden fer una important funció mecànica i ambiental en un medi dinàmic. Per assegurar l'èxit de la seva implantació cal que estiguin ben desenvolupades, per aquest motiu es fan servir unes estructures de fibra on s'hi fan créixer aquestes espècies prèviament a la seva introducció. L'herbassar d'helòfits estructurat en fibra està format per una matriu de fibra vegetal laminar estructurada que té una elevada biodegradabilitat, on s'han cultivat diferents hidròfits d'espècies pròpies de la zona, si és possible amb ecotips locals, per reintroduir-los en el medi en les condicions més favorables. Les arrels han d'estar distribuïdes de manera densa i homogènia per tota l'estructura, la qual cosa permetrà una ràpida fixació i una eficaç postinstal·lació.

Hi ha dos tipus d'herbassars estructurats segons el nombre d'espècies vegetals emprades:

- Herbassars monoespecífics amb gran capacitat de colonització

Per aconseguir que les arrels dels helòfits facin una important funció mecànica i ambiental en un medi dinàmic, cal que estiguin ben desenvolupades, i amb aquesta finalitat es fan servir unes estructures de fibra on es fan créixer aquestes espècies prèviament a la seva introducció



Herbassar pluriespecífic estructurat en fibra.

formats per boga (*Typha sp*), canyís (*Phragmites australis*) o esparganis (*Sparganium sp*), de manera que aquestes siguin funcionals i quedin immediatament adaptades des del mateix moment en què s'instal·len. En el primer cas (*Typha sp*), les espècies varien en funció de les característiques del medi i la velocitat del flux d'aigua, i poden ser *Typha latifolia* o *Typha angustifolia*. Solen ser d'1 m² de superfície.

- Herbassars pluriespecífics amb hidròfits com ara *Iris pseudacorus*, *Carex pendula*, *Carex cuprina*, *Juncus sp*, *Scirpoides holoschoenus*, que es disposen en estructures més grans, ja que les espècies que la conformen no tenen una capacitat de creixement com ara el canyís i la boga. Solen ser de 5 m² de superfície.

Estacatge de ribera

L'estacatge (cast. *estaquillado*; fr. *trasplantation de boutures ou de pieux à rejets*; it. *messa a dimora di talee, astoni, verghe, ramaglie vive*; angl. *planting of stakes or cuttings*; al. *Versetzen von Steckholzen oder Setzstangen*) és un mètode de reproducció vegetativa consistent a separar fragments de tija de vegetals llenyosos que es planten en condicions favorables per a la regeneració d'una planta completa, mitjançant la formació d'arrels adventícies per un procés de rizogènesi i la brotada de les gemmes. En bioenginyeria s'usa la plantació d'estaques com a tècnica d'estabilització de marges fluvials o de talussos.

Dins de la tècnica d'estacatge de ribera de les obres de bioenginyeria en àmbit fluvial es poden distingir les variants següents:

- Plantació d'estaques
- Plantació de vares

En l'ús de la tècnica d'estacatge de ribera es distingeixen la tècnica de plantació d'estaques per a la reconstrucció de la primera línia

L'estacatge és un mètode de reproducció vegetativa que, en bioenginyeria, s'usa com a tècnica d'estabilització de marges fluvials o de talussos

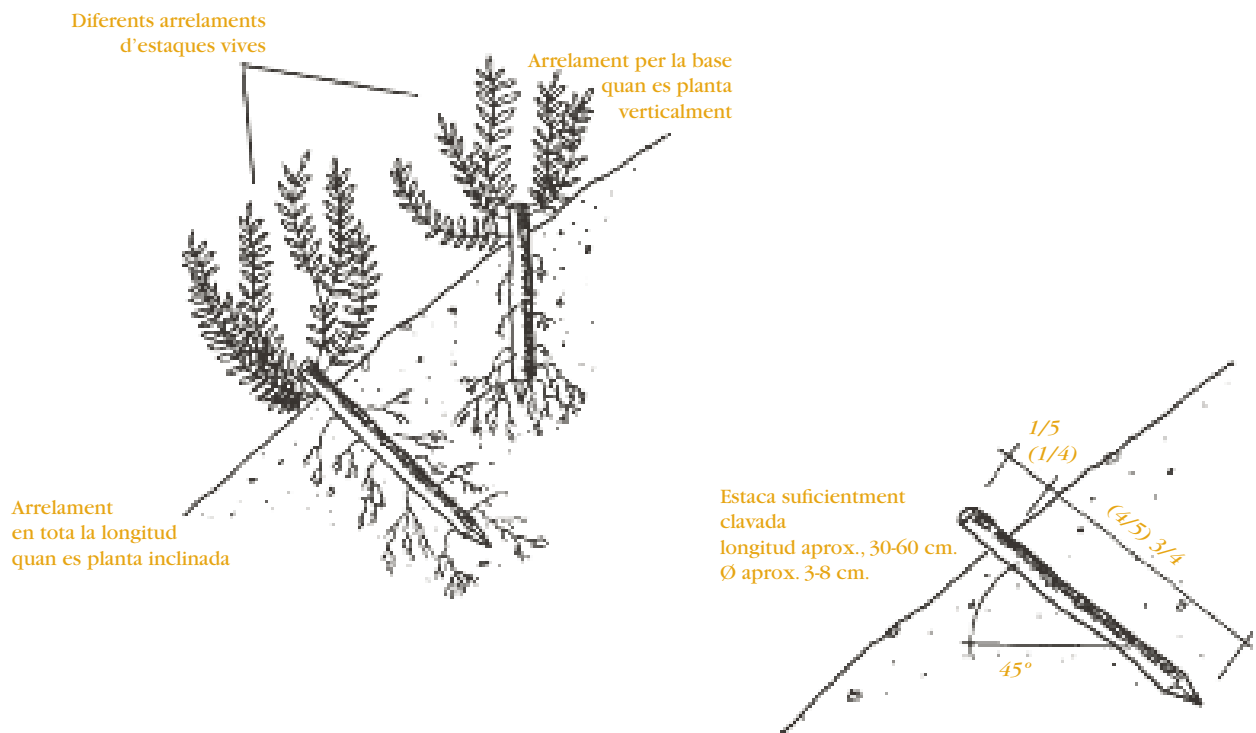


Figura 2. Estacatge de ribera.

de plantes flexibles, com ara les salicàcies o similars, i la tècnica de plantació de vares per sobre de la primera línia, en els intersticis d'esquerdes d'escullera, murs, gabions, com a estaques vives en la col·locació de geosintètics, feixines i trenats de branques, etc. Opcionalment es podran utilitzar les estaques arrelades procedents de vivers especialitzats (vegeu Figura 2).

Construcció de raspalls vius

El raspall viu (it. *spazzola viva*; port. *esporão*; ingl. *living brush*) és una estructura vegetal formada per un conjunt de branques i vares vives i mortes entrellaçades i barrejades amb terra i grava, que es col·loca en sentit longitudinal al corrent a fi de filtrar-ne els elements en suspensió i recollir-ne els fons que s'hi dipositen per reduir la velocitat del corrent d'aigua que la travessa i afavorir la recuperació de la riba (vegeu Figura 3).

Feixines

La feixina (fr. *fascine*; it. *fascinata*; port. *faxina*; angl. *fascine*; al. *Faschine*) és un manat de branques tallades i lligades formant una estructura cilíndrica de longitud variable, que s'utilitza en la tècnica d'estabilització de talussos i de marges fluvials. La feixina pot estar constituïda per branques mortes (feixina morta) o per branques

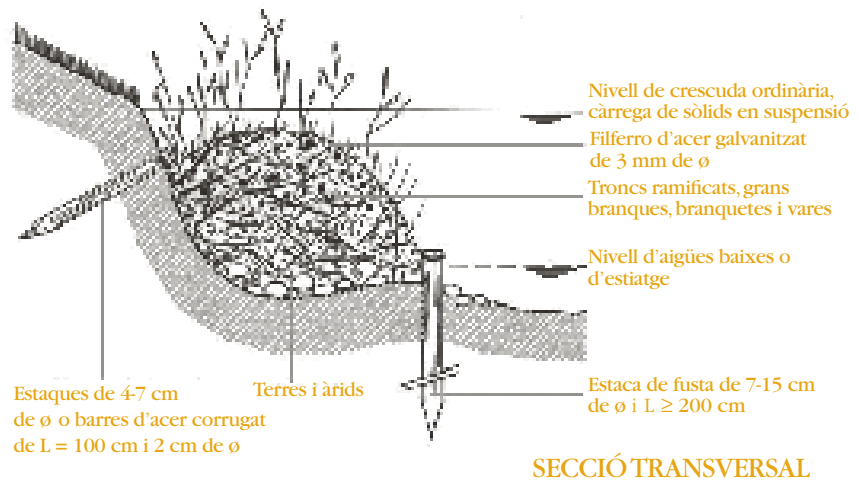
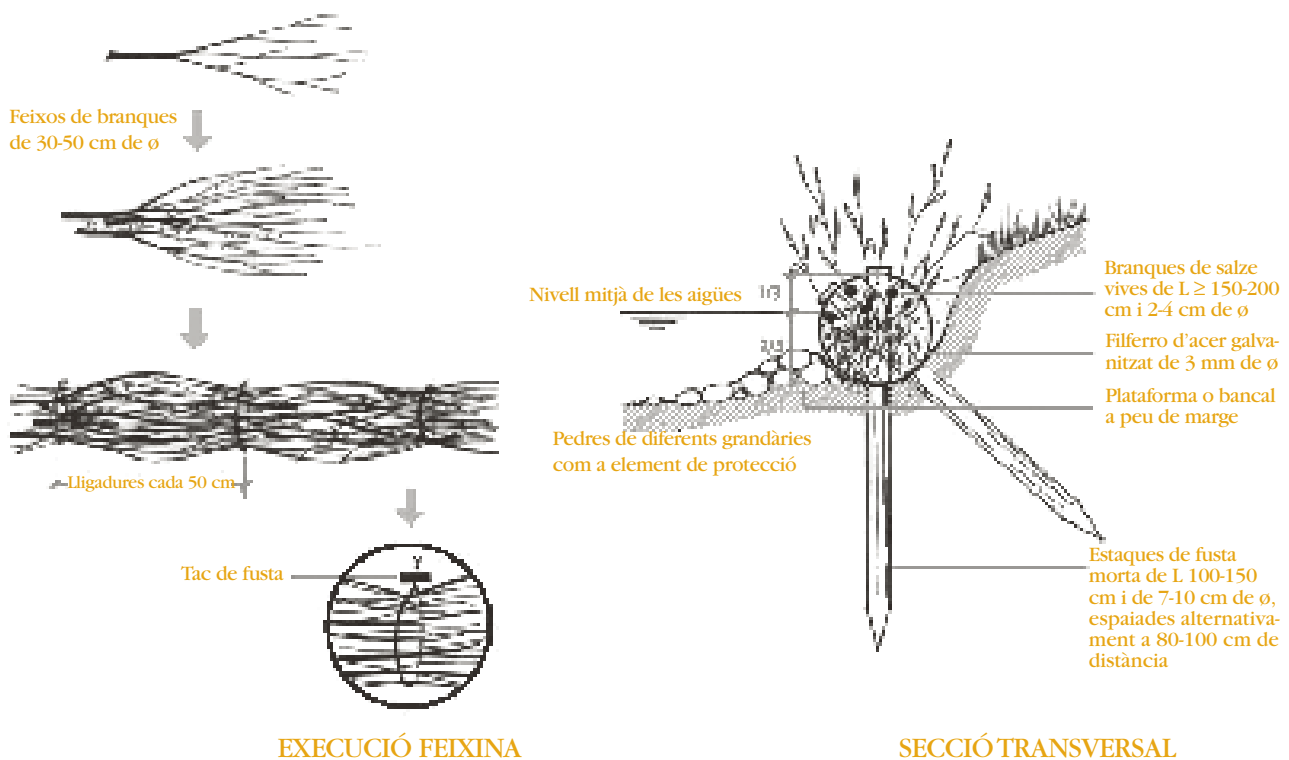


Figura 3. Construcció de raspalls vius.

vives (feixina viva). La feixina de branques vives es cobreix parcialment de terra i s'aferra al sòl, generalment amb troncs de fusta morta, i s'utilitza com a element de protecció de marges fluvials (feixina de ribera), com a element estructural submergit (feixina submergida), com a estructura de drenatge (feixina de drenatge) o com a element estructural d'altres tècniques d'estabilització. La feixina viva de ribera s'utilitza per a la protecció de l'efecte de l'onatge en rius navegables o l'efecte de les crescudes sobre els marges (vegeu Figura 4).

Figura 4. Feixina viva de ribera confeccionada prèviament.



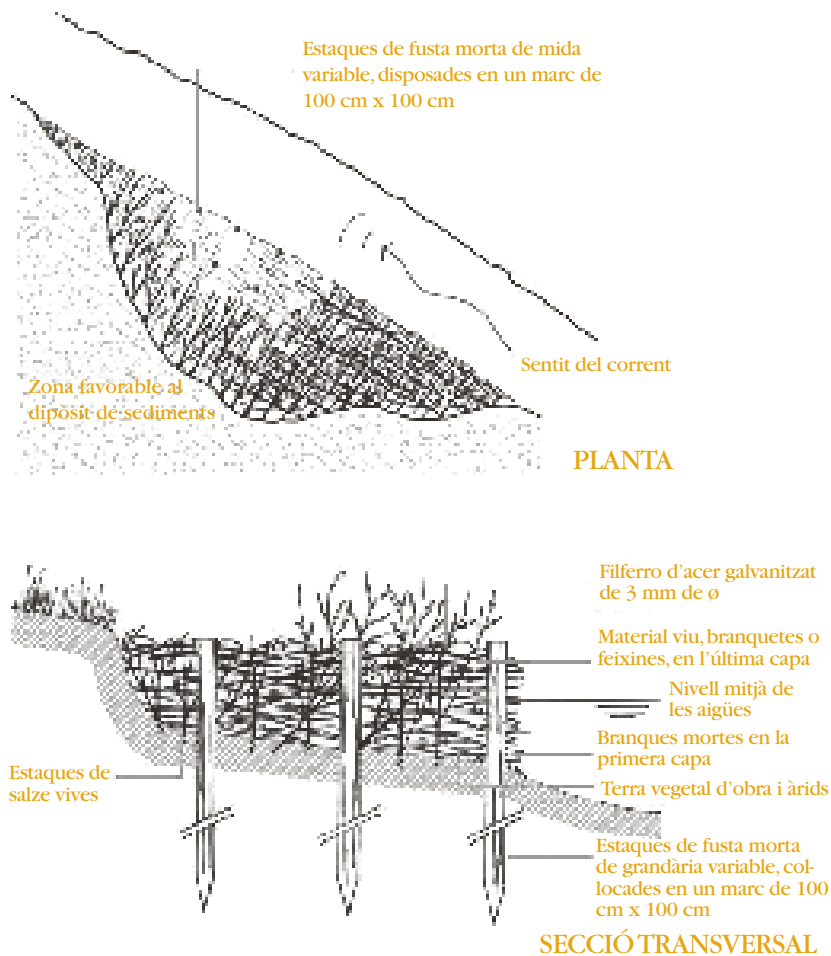


Figura 5. Trenat viu de branques.

Trenats vius

El trenat viu de branques (o palissada viva trenada; fr. *tressage*; it. *viminata*; port. *entrançado vivo*; angl. *wattle fence*; al. *Flechtzaun*) és un conjunt de branques vives flexibles d'espècies llenyoses amb capacitat de reproducció vegetativa que es disposen formant una trena al voltant de piquetes d'acer o estaquets de fusta ancorades al terreny i que s'utilitzen en la tècnica d'estabilització de talussos o de marges fluvials (vegeu Figura 5).

Palissada viva filtrant

La palissada viva filtrant (fr. *palissade filtrante*; it. *frangiflutto vegetato*; port. *entrançado vivo*; angl. *double-row palisade*; al. *Lahnung*) és una estructura formada per dues tanques fetes d'estaquets de fusta que s'enfonsen fins a la meitat de la seva longitud en la llera d'un riu, entre les quals es col·loquen de manera alterna feixines longitudinals i transversals. S'utilitza en la tècnica d'estabilització de marges fluvials per dissipar energia hidràulica en llacs o en trams lents de cursos d'aigua (vegeu Figura 6).

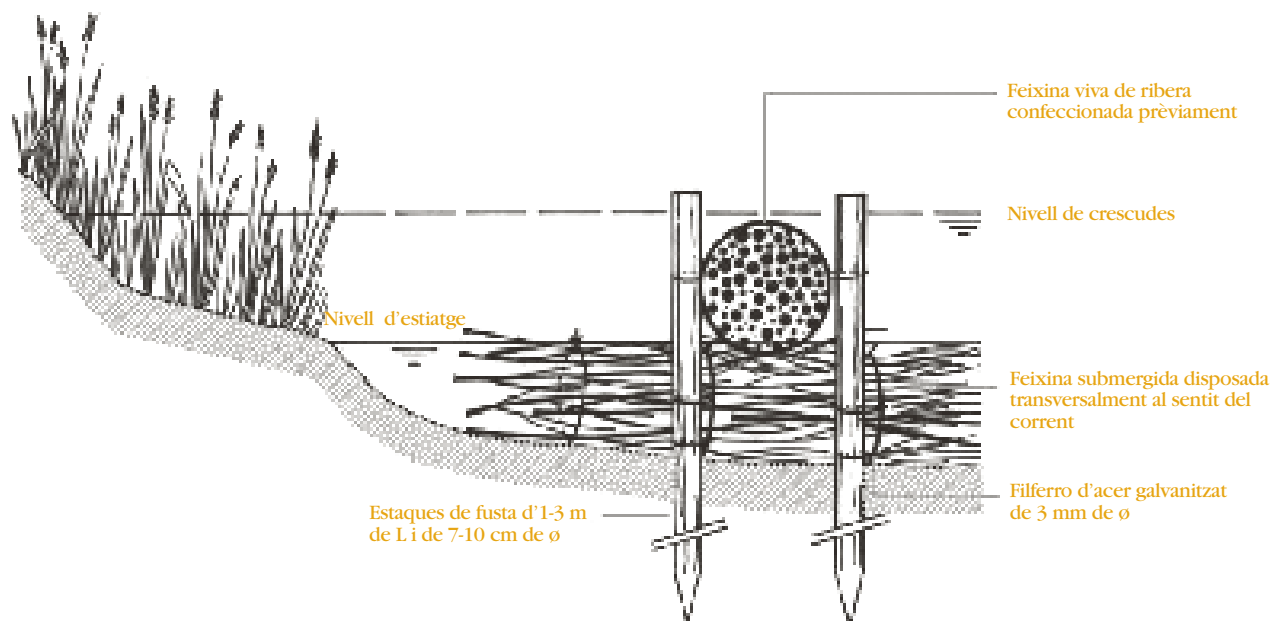


Figura 6. Palissada viva filtrant.

Estora de canyís

L'estora de canyís (o llit de canyís; fr. *tapis de roseaux à rejets*; it. *copertura diffusa con culmi di canna*; port. *esteira de caniço vivo*; angl. *brush mattress construction with reeds*; al. *Röbricht-Spreitlagenbau*) és un conjunt de tiges vives de canyissos o d'altres plantes similars, de tiges amb capacitat d'arrelament, que es col·loca recobrint els marges fluvials amb la finalitat d'estabilitzar-los i protegir-los contra l'erosió. Les espècies vegetals més utilitzades en la construcció d'aquest tipus d'estora són el canyís (*Phragmites australis*) i l'escaiola d'aigua (*Phalaris arundinacea*) (vegeu Figura 7, pàgina següent).

Tècniques mixtes d'estabilització i complementàries

En les tècniques mixtes i les tècniques complementàries de bioenginyeria en àmbit fluvial es distingeixen les de revestiment i les mixtes d'estabilització, i són d'aplicació en els casos en què les tècniques vegetals aïllades no són suficients

En les tècniques mixtes i les tècniques complementàries de bioenginyeria en àmbit fluvial es distingeixen les de revestiment (geomalles, mantes orgàniques, geoestores, malles i xarxes metàl·liques, etc.) i les tècniques mixtes d'estabilització (entramats, biorotlles vegetaltitzats, deflectors, rampes, esculleres, etc.). Són d'aplicació en els casos en què les tècniques vegetals aïllades no són suficients per la mala qualitat dels sòls, contaminació, règim torrencial, manca de llum, manca d'espai, etc. Aquestes tècniques mixtes han d'integrar perfectament les aportacions constructives i d'estabilització dels materials i tècniques vegetals i de materials inerts i tècniques d'obra civil. Les tècniques complementàries inclouen els llindars, dics o assuts, rampes de peixos, refugis per a peixos, passos, pertorbacions, entre d'altres.

Els materials morts o inerts i els elements compostos utilitzats en aquestes tècniques mixtes aporten un efecte immediat de control

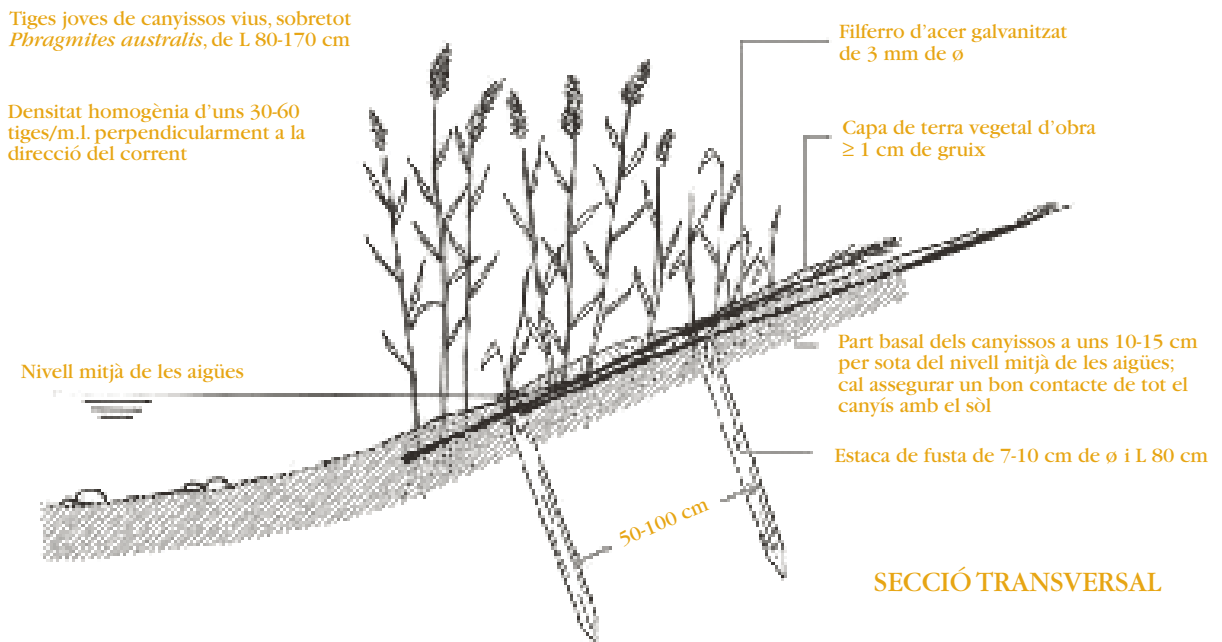
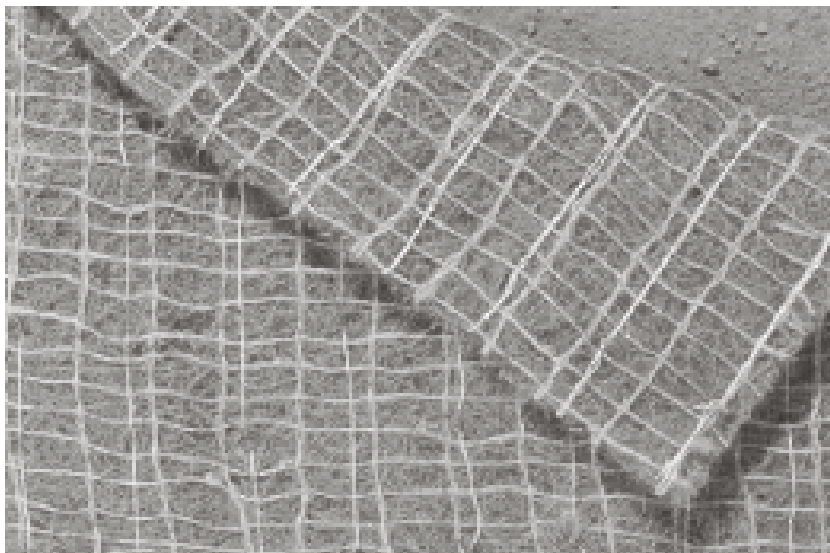


Figura 7. Estora de canyís.

de l'erosió i d'estabilització del sòl, si bé és la vegetació, quan les seves arrels envaeixen i penetren a través del sòl, la que confereix una massa unificada i sòlida a la tècnica de bioenginyeria.

Mantes orgàniques

La manta orgànica (angl. *erosion control blanket*; it. *biofeltro*) és un geoproducte d'estructura tridimensional, permeable, fabricat mitjançant l'entrecreuat de fibres naturals (coco, palla, espart o mesclades d'aquestes) o sintètiques (polipropilè o niló) entre una o dues geomalles sintètiques o naturals. Es presenta en rotlles i s'usa per a la regeneració o la conservació de la qualitat agronòmica dels sòls i el control de l'erosió superficial.



Manta orgànica.

L'estructura sempre necessita cimentació i en el cas de construir-lo en llits fluvials s'ha de protegir la base amb roca o materials més resistents. També és bàsic escollir una planta d'espècie, ecotip i qualitat adequats a la zona d'obra, ja que aquesta és la que ens garantirà la viabilitat futura de la tècnica

Entramat viu

Mur de gravetat format per una estructura cel·lular de troncs de fusta amb estaqués vives o planta en contenidor amb l'objectiu que el futur desenvolupament de la planta suplantí l'estructura de troncs. S'utilitza en l'estabilització de pendents de fins a 60°, com a mur de contenció.

Estructura de fusta constituïda per un entramat de troncs (troncs de conífera pelats o de castanyer) que formen una cambra en la qual s'instal·len les feixines o la planta en contenidor, en el frontal del qual es col·loca una feixina per retenir el sòl. Aquesta feixina també té un paper important per retenir humitat. Els troncs es fixen amb claus o grapes d'acer.

L'estructura sempre necessita cimentació; cal tenir en compte la seva ubicació i la càrrega que suporta. En el cas de construir l'entramat en llits fluvials s'ha de protegir la base amb roca o materials més resistents.

És bàsic escollir una planta d'espècie, ecotip i qualitat adequats a la zona d'obra, perquè la planta és la que ens garantirà la viabilitat futura de la tècnica.

L'entramat viu de fusta pot tenir una paret (entramat Roma, Latino o Vesubio) o dues (Kreiner). El front no ha de ser vertical, sinó inclinat a favor del pendent, seguint el diàmetre dels troncs frontals per la part inferior.



Entramat un cop finalitzat i quatre mesos després. Intervenció realitzada per Naturalea a la Garriga (riu Congost).

Biorotlles vegetalitzats

El biorotlle (it. *rullo spondale*; port. *biorolo*; angl. *vegetation roll*) és un element de protecció i d'estructuració de marges fluvials amb poc pendent o de llacs. D'estructura cilíndrica, en la seva forma més simple consisteix en una manta orgànica enrotllada plena de fibres naturals, i a vegades de terra fèrtil, en la qual s'implanten materials vegetals vius propis de les tècniques de bioenginyeria. Un tipus de biorotlle més complex és el biorotlle estructurat en fibra premsada, que, en tenir una densitat més gran, no és rentat pel pas de l'aigua i presenta més resistència a la tensió i a l'estiatge; se subjecta al terreny mitjançant una xarxa de polipropilè o de coco. S'anomena biorotlle vegetaltzat al biorotlle estructurat en fibra en el qual la implantació i el creixement de les espècies vegetals, especialment helòfits, es produeixen en un viver i que se subministra quan el creixement és homogeni i es visualitzen clarament les arrels, les quals formen part de l'estructura.

El biorotlle en la seva forma més simple consisteix en una manta orgànica enrotllada plena de fibres naturals, en la qual s'implanten materials vegetals vius propis de les tècniques de bioenginyeria, i s'utilitza com a element de protecció i d'estructuració de marges fluvials amb poc pendent o de llacs

Exemples d'obres de bioenginyeria a Catalunya

A Catalunya ja tenim una bona mostra de l'ús de les diferents tècniques de bioenginyeria. A continuació en detallarem algunes, determinant la tècnica emprada i l'objectiu tècnic de la intervenció, i en mostrarem el resultat.

Tècnica: Enreixat viu

Lloc: Riu Congost, la Garriga.

Objectiu: Estabilitzar un marge fluvial del qual s'ha retirat la canya *Arundo donax*, tant la part aèria com el rizoma.

Detalls: Estructura de tronc de castanyer en forma de graella clavada al sòl, amb una feixina viva i rocalla a la base amb aplicació per hidromanta d'herbàcies pròpies de la zona.



Riu Congost, la Garriga.
Talús durant l'extracció del rizoma.

*Riu Congost, la Garriga.
Estructura de l'enreixat.*



*Riu Congost, la Garriga.
Resultat al cap de tres mesos.*



Tècnica: Entramat viu a doble paret tipus Kreiner

Lloc: Riu Congost, la Garriga.

Objectiu: Una tanca situada en un camí fluvial estava a punt de desprendre's, per la qual cosa hi havia dues opcions, traslladar el camí o consolidar el talús de la base, que és el que finalment es va decidir.

Detalls: Com que es tractava d'un ambient clarament mediterrani es va fer una evolució de les espècies en presentació (amb estaca a la base i planta amb alvèol forestal en els pisos superiors) i espècies (salzes a la part inferior i en transició amb espècies d'alzinar humit a la superior). Tal com mostra la fotografia també es va aplicar hidromanta amb herbàcies pròpies de la zona.

Tècnica: Biorotlle vegetaltzat amb geomalla permanent de comportament hidràulic

Lloc: Riu Mogent. Llinars del Vallès.

Objectiu: Recuperar el perfil d'un marge afectat per una avinguda.



*Riu Congost, la Garriga.
Zona abans de la intervenció.*



*Riu Congost, la Garriga.
Resultat al cap de tres mesos.*

Detalls: La geomalla permanent de comportament hidràulic permet que una vegetació herbàcia que en el cas de velocitat tolera 1-1,5 m/s pugui tolerar fins a 6 m/s. En processos d'avinguda amb una geomalla normal la planta es talla i el sistema aguanta poc més de 3 m/s, però la longitud d'ona de les geomalles de comportament hidràulic fa que la planta es doblegui i millori sensiblement la seva resistència.

Tècnica: Biorotlle vegetaltzat, ret de coco i entramat viu

Lloc: Riera Vallicrosa. Sant Hilari Sacalm.

Objectiu: Recuperar el perfil natural d'un tram del torrent.

Detalls: Les tècniques de bioenginyeria ens permeten tornar un aspecte natural a un espai completament transformat. Per un costat les tècniques impedeixen que en cas d'avinguda la terra acabada de col·locar sigui arrossegada, i per l'altre, permeten implantar vegetació pròpia de la ribera en zones complexes pel seu pendent i inestabilitat.

*Riu Mogent, Llinars del Vallès.
Zona abans de la intervenció.*



*Riu Mogent, Llinars del Vallès.
Resultat al cap de tres mesos.*



Tècnica: Biorotlle vegetaltzat

Lloc: Riu Fluvià. Besalú.

Objectiu: Recuperar la façana urbana afectada per diversos abocaments de runa i estabilitzar el marge fluvial adjacent al nucli històric de Besalú.

Detalls: Projecte complex amb l'eliminació de gran quantitat de runes, aportament de sòl nou per possibilitar el creixement de la vegetació i aplicació de diferents tècniques per consolidar el marge i millorar la seva qualitat paisatgística.

Associació Espanyola d'Enginyeria del Paisatge (AEIP)

Per tal de treballar en aquestes tècniques ja fa més de 15 anys es va crear l'AEIP. L'Associació Espanyola d'Enginyeria del Paisatge (AEIP)



*Riera Vallicrosa, Sant Hilari.
Zona abans de la intervenció.*



*Riera Vallicrosa, Sant Hilari.
Resultat al cap de quatre mesos.*

és una entitat de caràcter cultural sense ànim de lucre que té com a finalitat promoure el desenvolupament, coneixement i aplicació de les tècniques de recuperació del paisatge i del medi natural, en especial de les tècniques d'enginyeria biològica o bioenginyeria del sòl, així com de les actuacions en el control d'erosió i lluita contra la desertització, i difondre les tècniques de bioenginyeria i les bones practiques en el seu ús.

Normes Tecnològiques de Jardineria i Paisatgisme (NTJ)

Part d'aquesta documentació ha estat extreta de les Normes Tecnològiques de Jardineria i Paisatgisme, i molt concretament de NTJ 12 S Part 5. Obres de bioenginyeria: tècniques de recobriment

*Riu Fluvià, Besalú.
Zona abans de la intervenció.*



*Riu Fluvià, Besalú.
Resultat al cap de dos mesos.*



i d'estabilització aplicables en àmbits fluvials, publicades per la Fundació de l'Enginyeria Agrícola Catalana (FEAC) en col·laboració amb l'AEIP.

Podeu trobar més documentació sobre bioenginyeria als següents webs:

www.aeip.org.es/
www.aquanea.com
www.naturalea.cat
www.ntj-feac.org

Albert Sorolla Edo i Joaquim Bosch Bosch

*Vicepresident i vocal de l'AEIP,
director tècnic de Naturalea Conservació i
coordinador de les NTJ, respectivament.*

El campanar de la catedral de Girona: passat i present d'un símbol

66

Joan Ristol Perxés
Sònia Vergés Roig

La catedral de Girona s'alça imponent vers el cel en què es retalla, domina la població des de qualsevol dels seus racons i, amb la seva presència, sòlida i serena, afirma la seva preeminència sobre una ciutat que sembla, en molts moments, adormida als seus peus.



La catedral actual és el fruit madur de l'evolució, en el decurs dels segles, de successives construccions que han ancorat les seves arrels en el sòl del turó que vigila la ciutat. El primer temple del qual es té constància era romà, aixecat aproximadament al començament de la nostra era. A causa de la complicada orografia del terreny, ja llavors els constructors es veieren obligats a dur a terme complicats treballs de terraplenament per poder assentar-hi la plaça foral. També d'aquella època daten les primeres grans escales que permetien l'accés al recinte religiós superior des del fòrum cívic inferior, situat a prop del camí que formava part de la Via Augusta. L'edificació –amb diverses reformes que l'adaptaren a la canviant realitat de l'arribada del cristianisme al segle v, l'ocupació musulmana del segle viii i l'adveniment de l'imperi carolingi– va romandre dempeus fins a la construcció de la catedral romànica, al principi del segle xi.

Aquesta catedral tenia dos campanars: l'un és l'actual torre de Carlemany, que va quedar intacte amb la construcció de la seu gòtica, i l'altre s'aixecava a prop d'on avui s'assenta el campanar actual, el qual s'enlaira rotund i auster fins a les

cornises que rematen el primer tram, a l'altura de la coberta de la nau de la catedral. A partir d'aquí, en un tram final aixecat a la segona meitat del segle xviii, amb una planta rectificada i més esvelta, el recinte de les campanes, la cúpula, el cupulí i l'àngel coronen serenament aquest símbol de la ciutat.

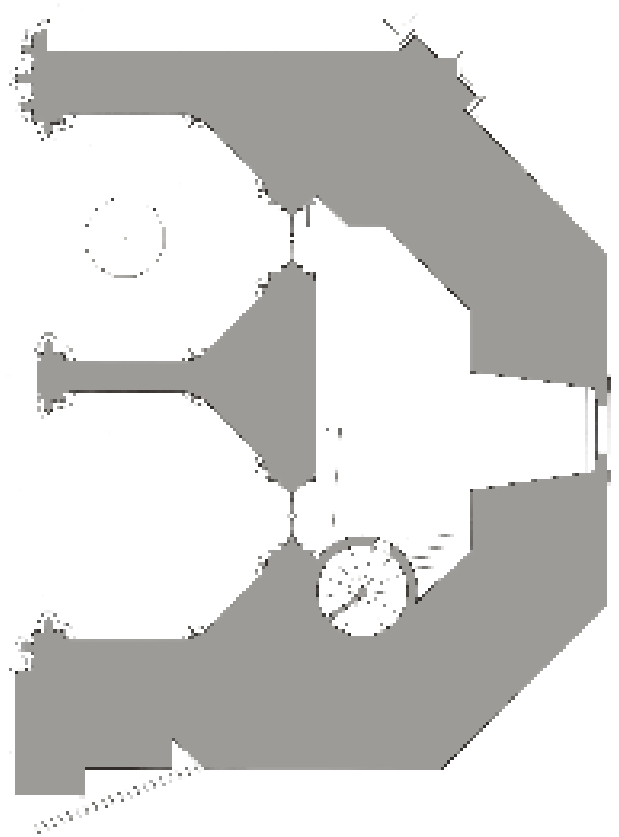
Constructivament, el primer cos del campanar és com un intent de prisma de base octogonal seccionat verticalment pel mur lateral de la nau, de manera que la seva planta és un hexàgon irregular. S'estructura en quatre espais sobreposats, coberts amb voltes de mig punt en els tres primers nivells i una cúpula vuitavada en el quart. En la planta baixa, el campanar es divideix en tres grans espais: un d'interior i els de les dues últimes capelles de la banda sud de la gran nau de la catedral. Per una part, la capella de Sant Jordi i Sant Dalmau, la primera que trobem a la dreta quan entrem a la seu per la façana principal. El retaule del 1780, dedicat a sant Isidor, tapa els arcs tapiats que permetien il·luminar l'espai. Al seu costat trobem la capella de Sant Julià i Santa Basilissa, amb la magnífica pila baptismal del segle xvi, que es trobava originàriament a la galilea





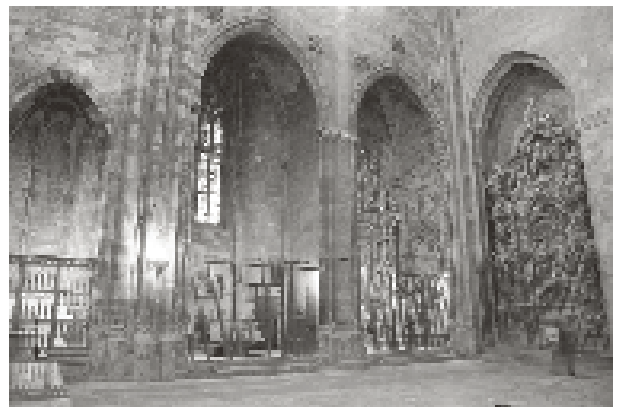
Seccions transversals sentit llevant i sentit ponent abans de la restauració de 2003. (Dibuix: Joan Ristol).

o pòrtic de l'església romànica i que l'any 1707 es traslladà a aquesta capella quan aquella fou enderrocada. L'altura de la pica obligà a rebaixar el sòl de la capella, en la qual podem admirar un vitrall que rep la llum a través de la sala interior del campanar. A aquesta sala s'hi accedeix mitjançant un passadís oblic obert en la cara sud-oest de la capella. És una cambra allargada i de la mateixa

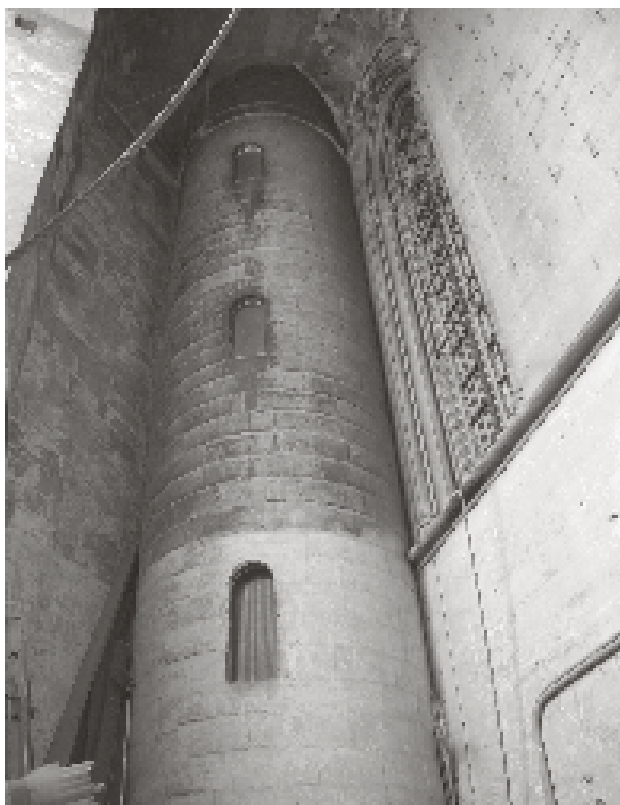


Planta del primer nivell. (Dibuix: Joan Ristol).

altura que les dues capelles descrites. Del seu interior cal ressaltar l'acabat dels arcs i la base de les obertures que permetien que entrés la llum a les dues capelles. El treball de la pedra és idèntic al de les altres obertures que donen directament a l'exterior, fet que aparentment sembla incongruent amb l'absència de qualsevol mena de decoració en la resta de l'espai. Adossat a la cara oest trobem l'inici de la imponent escala que travessa tots els

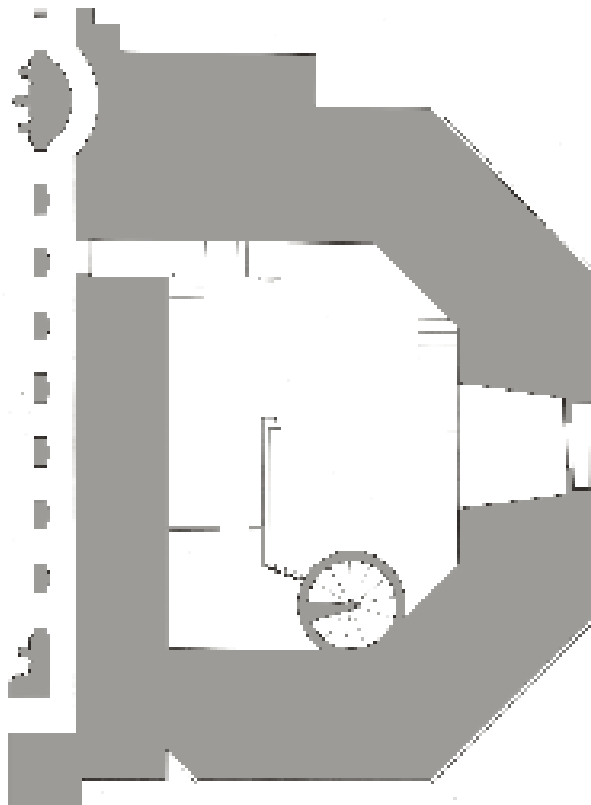


Les dues capelles que formen part de la base del campanar. (Foto: Joan Ristol).



Banda oest del primer nivell (Foto: Joan Ristol).

nivells del cos massís del campanar i puja fins al pla superior, on comencen les grans arcades entre les quals s'assentaven inicialment les campanes. En els murs hi veiem encara pintats els noms de les diferents campanes, en els llocs on acabaven les cordes que servien per fer-les tocar. Si mirem enlaire podem anar resseguint els forats enfundats que travessen els sostres dels diferents nivells amb les inclinacions adients per orientar el pas de les cordes des de les campanes fins a aquesta planta. A la cara sud s'obre el gran finestral de 5 metres d'altura que permet il·luminar la sala i, a través d'aquesta, també les capelles. Aquest finestral, igual que el seu homòleg del següent nivell, havia restat parcialment aparedat amb un mur d'obra fins a la restauració del campanar l'any 2003. Com a curiositat trobem diverses bancades de grans carreus, una en la base del mur que ens separa de les capelles i les altres, escalonades, en l'espai que queda entre l'escala i la cara sud-oest de l'estança. També podem observar encara el rellotge que fins fa pocs anys accionava els mecanismes que feien sonar les campanes, avui dia obsolet. Pujant per l'escala, a 13,6 metres per damunt de la planta baixa, trobem el següent nivell. En arribar,



Planta del segon nivell. (Dibuix: Joan Ristol).

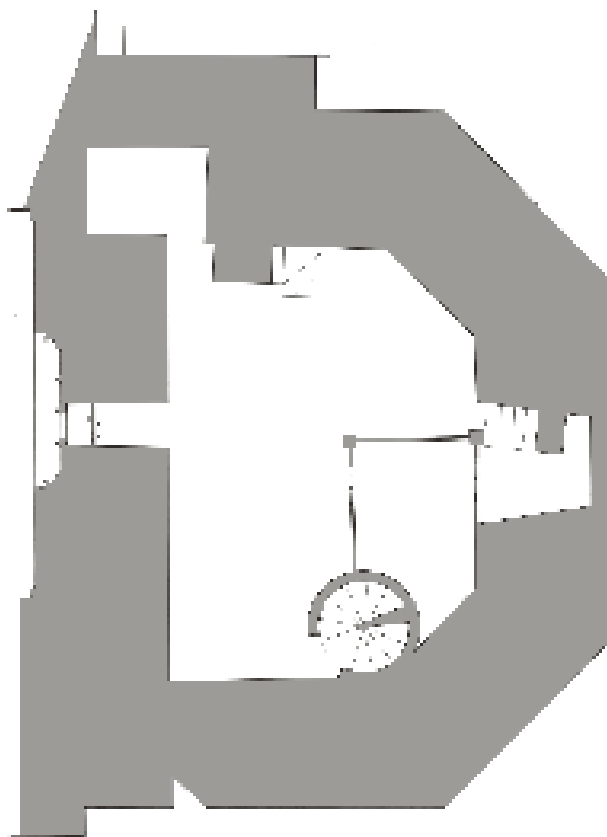
entrem a una gran sala on el primer que ens sorprèn són les dependències en dues plantes, que sembla que varen servir inicialment com a habitacions per als guardes de la catedral, molt posteriorment varen ser habitades per seminaristes i, més tard, fins fa pocs anys, serviren com a magatzem. Ocupen, en planta, la meitat de l'amplada de la sala. Entre aquestes dependències i el mur de llevant de la sala hi ha una escala que dóna accés tant a la planta superior



Habitacions del segon nivell. (Foto: Joan Ristol).



Vista general del segon nivell. (Foto: Joan Ristol).



Planta del tercer nivell. (Dibuix: Joan Ristol).

d'aquestes habitacions com al petit passadís que travessa el mur que ens separa de la nau, i arriba fins al trifori que circumval·la el perímetre interior de la catedral. En el punt on el passadís enllaça amb el trifori, els carreus de les cantonades estan tallats de manera molt irregular, la qual cosa dóna a entendre que, en aquest punt, el parament interior del trifori no es va fer al mateix temps que el passadís.

En la cara sud de la sala, pujant un petit tram d'escala arribem al nivell inferior de la gran obertura que permet la il·luminació de tot l'espai. Fins a la darrera restauració, aquesta obertura estava parcialment tapiada amb un mur d'obra i les obertures es reduïen a un petit balcó i una finestra superior.

En la cantonada sud-oest de la sala veiem a les parets, des del sòl fins al sostre, el rastre del sutge que ha deixat el foc que els diferents ocupants d'aquestes estances han fet per escalfar-se al llarg dels segles. Malgrat que els murs de pedra d'aquest nivell varen ser pintats fins a la meitat de la seva altura, el foc, igual que en el nivell

superior, hi ha deixat el seu senyal inconfusible fins a l'obertura que comunica els dos nivells.

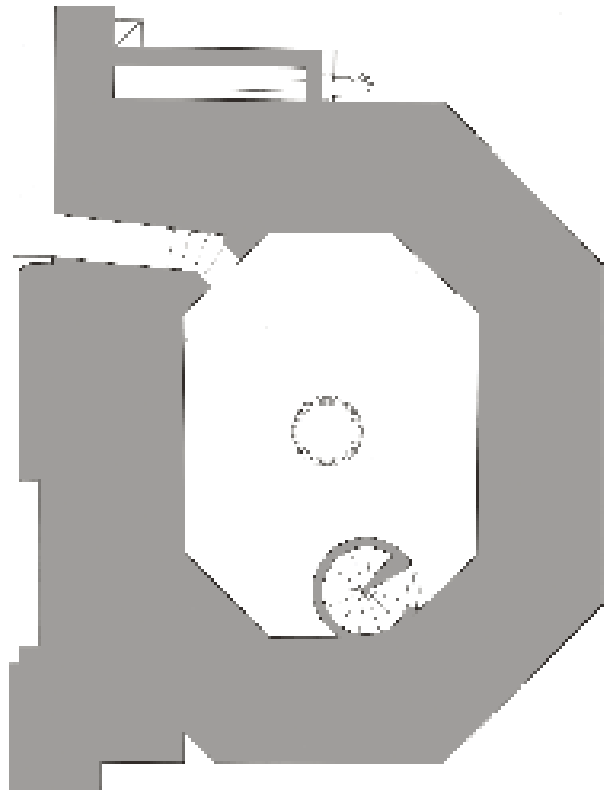
Tornant a l'escala principal, a més de 25 metres per damunt de la base del campanar trobem el tercer nivell. És el nivell del rellotge. Només d'arribar a l'espai que el defineix, observem a la dreta una habitació. Aquesta estança és la que albergava, fins fa pocs anys, les politges i els me-



Habitacions del tercer nivell. (Foto: Joan Ristol).



Vista general del tercer nivell. (Foto: Joan Ristol).



Planta del quart nivell. (Dibuix: Joan Ristol).

canismes de transmissió del rellotge a la campana que, allotjada en un passadís que comunica aquest nivell amb la nau de la catedral, sona a l'interior de la seu. Amb l'electrificació del mecanisme, ara aquests mecanismes són inútils. El passadís travessa el mur del campanar fins a una obertura que podem observar, des de l'interior de la nau, a la meitat de l'altura dels arcs que, en el mur, ens situen el finestral cec de la banda sud de l'últim tram de la nau.

Tornant a l'interior del campanar i donant la volta a l'habitació que hem esmentat, accedim al mecanisme del rellotge que fa girar les busques. Aquestes broques marquen l'hora en una esfera que substituï el rellotge de sol original, del qual encara podem observar les restes. Al damunt del mecanisme, un petit tram d'escala ens permet accedir al finestral que s'hi obre per damunt. Sobre el finestral sobresortia un fanal que il·luminava el rellotge i que s'eliminà en la darrera restauració. També en aquest nivell, encastades en el mur de llevant i ocupant part del mur de la nau, trobem dues estances, l'una sobreposada a l'altra, cobertes

amb una volta rebaixada, i de finalitat i utilització desconegudes.

En el centre del sostre de la sala ens sorprèn una lluerna cilíndrica d'1,5 metres de diàmetre que travessa la volta i comunica amb el nivell superior.

Deixem aquest nivell i tornem a l'escala principal. Més de 9 metres més amunt trobem el quart nivell. Estem ara a la mateixa altura de la part



Vista general de les golfes de la catedral. (Foto: Joan Ristol).



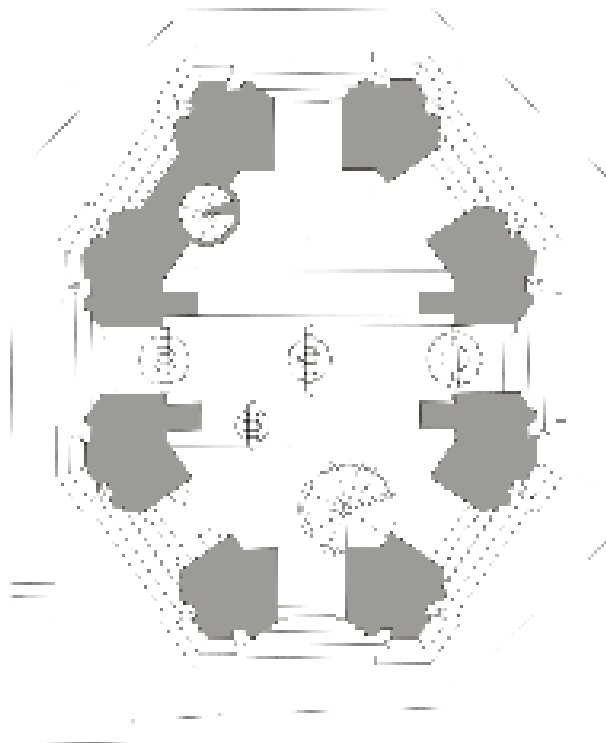
Vista general del quart nivell. (Foto: Joan Ristol).

superior dels contraforts exteriors de la catedral i gairebé al nivell superior de la volta de la nau. Exteriorment, al mateix nivell veiem la primera del conjunt de motlures que marca la part superior del cos principal del campanar.

A partir d'aquí el campanar passa a ser exempt. La seva planta és un octàgon allargat en l'eix llevant-ponent. Al centre hi ha la lluernia que hem esmentat abans, envoltada d'una barana. La sala s'il·lumina gràcies a la llum que entra per dues petites obertures obertes en el mur de la cara nord –a l'altura de la gran motllura convexa del conjunt que corona aquest primer cos massís del campanar–, i per una tercera, oberta a la banda sud de la cúpula i que dóna a la part inferior de la cara sud del mur del següent cos.

En el mur nord-est s'obre un passadís que porta a les golfes que s'estenen damunt tota l'extensió de la nau única de la catedral.

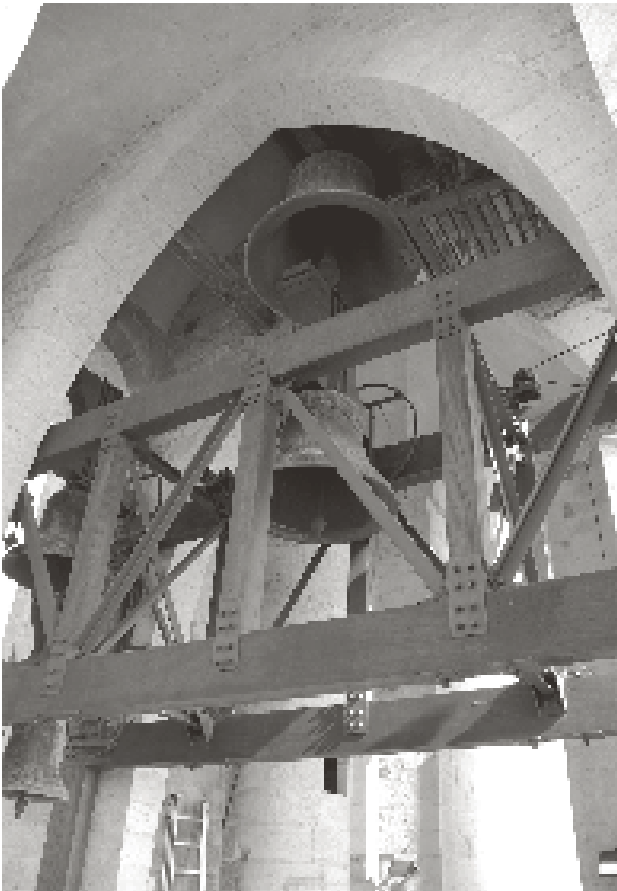
A l'exterior, al nivell de la part baixa d'aquest espai, trobem el conjunt de motlures de més de 3 metres d'altura que circumda el perímetre de la part del prisma octagonal que sobresurt de



Planta del nivell del pla de les campanes abans de la restauració de l'any 2003. (Dibuix: Joan Ristol).



Part superior del campanar. (Foto: Joan Ristol).



Disposició actual de les campanes. (Foto: Joan Ristol).

la teulada de la nau. Les motlures, que rematen aquest primer cos, marcaren el model a seguir en el coronament superior de la façana principal de la catedral.

Per damunt d'aquesta cornisa, el campanar reformula la seva planta en modificar-se'n les dimensions i també les proporcions: s'aprima l'eix nord-sud i passa a ser d'uns 13 metres de llargada per uns 8 metres d'amplada. La pell que envolta aquest tram del campanar abandona la sobrietat i nuesa del cos inferior i està adornada amb les motlures més adients al gust de mitjan segle XVIII, època en què es van fer els plànols de les diferents propostes arquitectòniques per a la seva construcció.

Aquest cos superior comença amb un sòcol massís de més de 4 metres d'altura que finalitza en el pla de les campanes. A l'interior, el volum es correspon amb la cúpula del quart nivell, del qual ja hem parlat. Des de l'interior d'aquest nivell i tornant a l'escala principal observem que, malgrat que les característiques geomètriques d'aquesta són iguals a les dels trams inferiors, la finestra que s'obre a mitja altura sobre la sala té unes proporcions



Escala que puja fins a la coberta de la cúpula. (Foto: Joan Ristol).

diferents a les que trobem als altres trams. Això es deu al fet que aquest pertany ja a la fase constructiva que va portar a l'aixecament de l'última fase del campanar.

Si continuem pujant arribem finalment al nivell on hi ha instal·lades les campanes. Aquí s'acaba l'escala. Tot d'una ens trobem en un espai alt i lluminós. En el costat nord-est de l'octàgon



Volta de rajol per millorar el so de les campanes. (Foto: Joan Ristol).



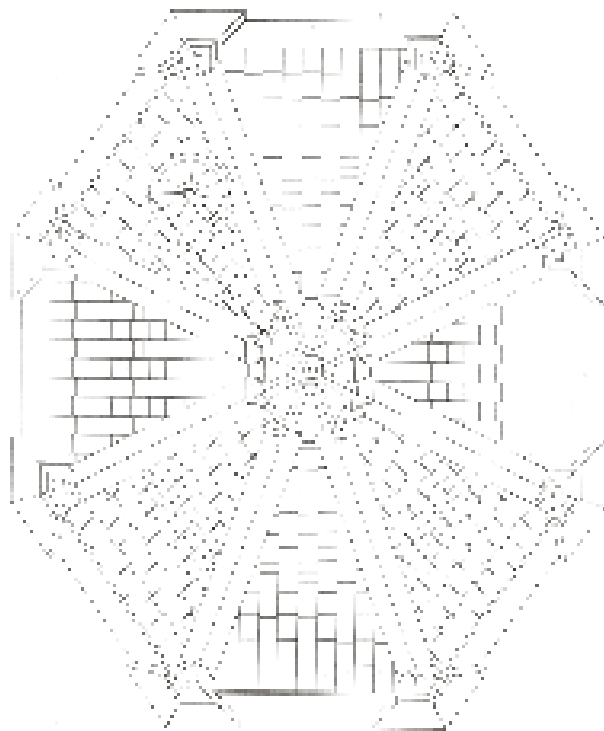
Escalons que porten al petit campanar superior. (Foto: Joan Ristol).

comença una petita escala de cargol que puja fins a la coberta de la cúpula. En els altres set costats s'obren uns grans finestrals d'uns 8 metres d'altura. En els seus brancals hi trobem els ampits monumentals de prop d'1,5 metres d'alçada que donen, vistos de lluny, la sensació de proporció que es pretenia. Per damunt dels ampits, ancorats els suports en els mateixos brancals, s'hi varen instal·lar les campanes, excepte la més gran, la Beneta o Bombo, que per les seves dimensions i pes és fixa i va ser col·locada en la part superior de l'espai abans de tancar-lo.

Tal com s'especifica en l'apartat de la restauració del campanar, a causa de diferents despreniments de campanes el 1946 es va decidir instal·lar-les a l'interior del campanar. Es varen construir quatre arcs rebaixats recolzats contra les pilastres de carreus de les cares nord i sud del campanar. Les campanes quedaven suspeses entre dos arcs en una posició que permetia tocar-les des de la planta baixa del campanar. Per al pas de les cordes trobem al sòl d'aquest nivell onze forats rectangulars orientats de tal manera que queden



Detall de les lloses de coberta, els nervis i els pinacles. (Foto: JR).



Planta superior del campanar, just sota de l'àngel. (Dibuix: Joan Ristol).

alineats amb els corresponents orificis que perforen totes les voltes dels diferents nivells fins a arribar al primer. Així com els forats dels nivells inferiors tenien fundes per suavitzar el pas de les cordes, les boques rectangulars d'aquest nivell tenien politges per facilitar el seu recorregut fins a les campanes corresponents.

Actualment, després de la restauració de 2003, una estructura de pilars i bigues de fusta reforçades amb una estructura metàl·lica suporta les quatre campanes que abans hi havia entre els arcs.

De les quatre pilastres de les cares nord i sud n'arranquen uns grans arcs apuntats transversals



Coronament superior. (Foto: Joan Ristol).



*Campana dels quarts i part inferior de l'eix de l'àngel.
(Foto: Joan Ristol).*



Àngel penell. (Foto: Joan Ristol).

damunt dels quals s'aixequen uns murs de pedra que sustenten la cúpula que cobreix l'espai. Entre aquests dos murs hi ha la gran biga de fusta que sustenta la gran campana de la catedral, la Beneta o Bombo, de gairebé 2 metres d'alçada.

Recolzades en aquests murs i arrancant des de l'interior de la part superior dels finestrals de les bandes de llevant i ponent observem dues voltes de rajol ceràmic massís, enlluïdes per sota, que rebaixen la gran alçada del sostre de la cúpula en aquestes dues zones i que es varen construir per millorar el so de les campanes.

Si pugem la petita escala construïda en el parament nord-est trobem primer l'estructura de les campanes, després l'espai que queda entre la volta de rajol i la cúpula superior i finalment arribem a la seva coberta.

La cúpula vuitavada està coberta amb lloses de pedra a vuit vessants amb nervis que rematen les arestes on s'intercepten els vuit pendents. Aquests nervis descendeixen fins als vuit pinacles que coronen els vèrtexs de la coberta. Hom creu que cada un d'aquests pinacles estava coronat per una esfera de pedra, però que les esferes haurien anat caient amb el pas dels anys; en tenim una pista en un dels croquis de les propostes d'acabament del campanar que es conserven encara a l'arxiu de la catedral.

L'escala que puja des del pla de les campanes arriba fins a la coberta, on s'obren uns escalons per la mateixa banda nord-est, que pugem fins al peu del petit campanar que remata la cúpula. Aquest, també de planta octogonal, allargada en la mateixa proporció que el cos inferior, aixopluga la campana dels quarts i serveix de base a l'àngel que corona el conjunt. Aquest petit campanar, popularment

anomenat Bastilla, té quatre obertures en les cares principals i un forat per accedir-hi des de l'escala que hi arriba. Està cobert amb una reproducció a escala de la coberta del campanar gran, amb les lloses i els 8 nervis. A dins, un eix de ferro encastat per baix en la cúpula suporta la campana dels quarts, que s'acaba de fixar als pilarets i al cupulí amb dos parells de barres de ferro encreuades per sota i per damunt de la campana. Per damunt hi ha la funda de l'eix de l'àngel, que és un penell que gira amb el vent. L'escultura de bronze actual és una reproducció de l'original, que es troba al Museu de la Catedral. A aquesta altura, des d'on s'albiren desdibuixats els llunyans confins de les rodalies de Girona, la catedral i tota l'arquitectura que l'envolta prenen plenament tot el seu significat: la història dels homes i les dones que durant els segles han modelat l'estructura de l'entorn i han petrificat la seva petja en els edificis, els carrers i les places d'una ciutat on aquest campanar roman egregi amb la permanent constància d'un símbol.



Història: ahir, avui i demà

A final del segle XII, el temple romànic es començà a mostrar insuficient per a les necessitats dels fidels i es va plantejar la necessitat d'ampliar-lo. Un segle més tard, l'any 1292, Guillem Gaufred deixà en testament 10.000 sous per a la construcció de la capçalera o absis del nou temple.

L'abril del 1312 ja s'havia decidit que es construïria un ampli presbiteri elevat i nou capelles al seu voltant, i que el dormitori de la catedral romànica es transformaria en la nova sagristia. Les obres es van dur a terme del 1312 al 1347. El 12 de març d'aquest darrer any es va fer el trasllat de l'altar major del temple romànic al nou presbiteri gòtic, que acabava on arribava l'extrem de l'absis de la catedral romànica. Acte seguit es procedí a l'enderroc d'aquest.

Les obres continuaren fins a l'any 1368, en què es finalitzà la part del temple a tres naus i es començaren a construir les capelles laterals corresponents als primers tres trams de volta.

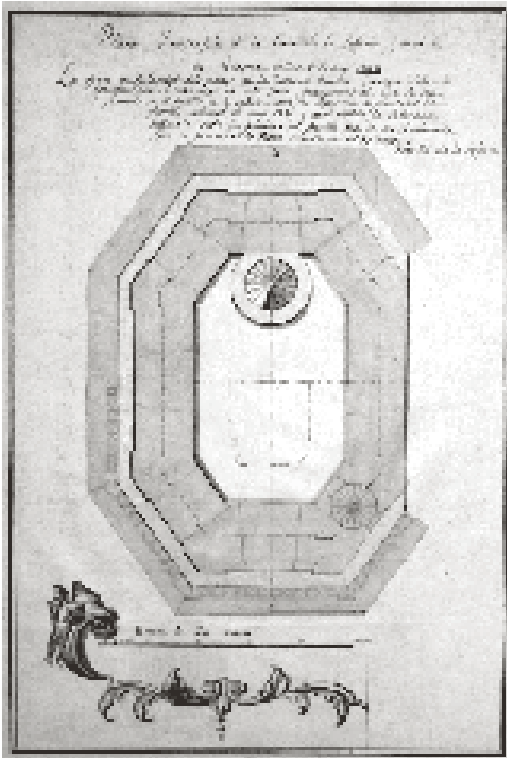
En aquell moment es plantejà el dilema de continuar la catedral amb una única nau o amb tres com fins aleshores. Després d'una primera consulta, feta el mateix any 1386, les obres van començar amb l'estructura de tres naus, però l'any 1416 es tornà a fer una consulta a dotze arquitectes i, malgrat que l'opinió majoritària va ser continuar

amb tres naus, el menor cost de l'obra i l'augment de la llum que entraria al temple van fer decidir la continuació de l'obra amb una sola nau.

La construcció es va reprendre i els dos primers trams es varen bastir amb notable celeritat. La nau s'anava aixecant sense enderrocar l'obra del temple romànic, que servia de suport de les bastides necessàries per a l'obra nova i permetia la continuïtat del culte. Quan es finalitzava un tram, s'enderrocava la part corresponent de les naus romàniques i el material procedent de l'enderroc es reutilitzava en part per al rebliment de l'interior dels murs nous.

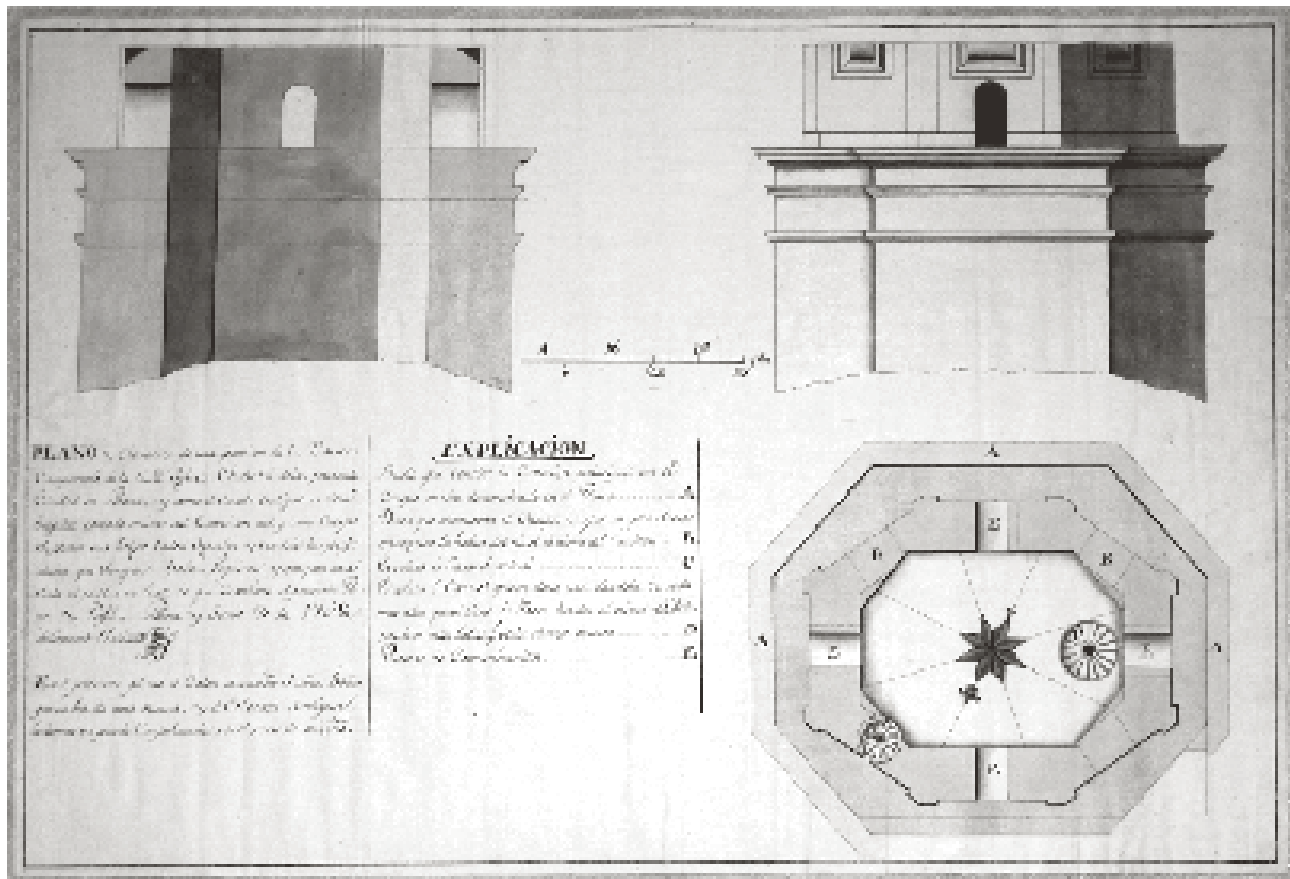
Els terratrèmols del segle XV a la província, la guerra a Catalunya i la revolució remença varen frenar el ritme de les obres. Finalment es reprengueren el 1577, i el 1580 ja estava acabat el tercer tram. Fins aleshores, la façana de la catedral corresponia a la del temple romànic. Estava situada aproximadament darrere de la cara interior de la façana actual. Tenia un pòrtic que s'anomenava la galilea, amb sumptuosos sepulcres, les fonts baptismals i altres estances. Al damunt hi havia una gran sala per al culte anomenada el Sepulcre, amb diversos altars. Per damunt d'aquesta capella s'aixecava un campanar que, recobert de làmines de plom, dominava estratègicament els contorns i que per la seva situació va ser escenari de diferents episodis violents. El fet d'albergar les campanes de





Plànol del 1742 amb una primera proposta de planta del cos superior del campanar. (Foto: Gustavo A.T. Mendoza).

la catedral va fer d'aquest campanar un element clau en la continuació i evolució posterior de les obres de finalització del quart tram de la nau, el campanar i la façana definitiva. Per construir el quart tram de volta calia enderrocar-lo en part i tenir preparat el campanar definitiu per fer el trasllat de les campanes a la seva nova ubicació. Així, el 25 de novembre de 1570 el bisbe Benet de Toco reuní la corporació capitular per parlar de la necessitat de tirar endavant la construcció del campanar i del quart tram de la nau. El 16 de maig del 1580 es nomenà una comissió per tenir cura de l'excavació dels fonaments. I l'1 d'agost del mateix any va tenir lloc la cerimònia de col·locació de la primera pedra del nou campanar. Durant els més de dos segles que feia que s'havia començat l'obra de la nau única, els estils arquitectònics a l'ús en cada moment varen anar canviant. No obstant això, la construcció dels successius trams va mantenir el mateix estil inicial, només enriquit lleugerament en la seva ornamentació. No es té constància ni es creu que hi hagués plànols detallats que servissin de



Plànol del 1752 amb la proposta d'acabament de la cornisa i la planta rectificada del cos superior. (Foto: Gustavo A.T. Mendoza).



Perspectiva de proposta d'acabament del campanar.
(Foto: Gustavo A.T. Mendoza).

guia als diferents mestres d'obra i operaris que hi treballaren.

En canvi, el 15 de desembre del mateix 1580 se celebrà l'acabament del tercer tram i s'encarregà al mestre Joan Balcells la construcció d'una maqueta de fusta del futur campanar. La maqueta es va contractar per 200 lliures el 26 de novembre de 1581.

El 10 de setembre de 1582 es va presentar el model (avui tristament desaparegut), que tothom va aprovar i va ser dipositat a l'Arxiu.

El 27 de febrer de 1581 encara es continuava traient terra dels fonaments, tasca que es va complicar quan s'hi varen trobar grans roques. El mestre Balcells fou cridat de Barcelona per donar la seva opinió sobre aquest problema i el 21 de novembre se li va demanar una memòria que detallés el projecte i els motius del seu pla d'obra. El bisbe Benet de Toco va ser traslladat a la diòcesi de Lleida i les obres es varen aturar.

El 31 de maig de 1598 va prendre possessió del bisbat D. Francisco Arévalo de Zuazo, i el 12 de setembre s'acordà la continuació de les obres del

quart tram de volta i el campanar. Es va demanar una nova comprovació del projecte per part de l'arquitecte de la Generalitat de Barcelona, i el 19 de juliol de 1599 es decidí destinar la pedra de la pedrera de Pedret a la construcció del campanar. A partir d'aquí s'accelerà el ritme de les obres. El 29 de març de 1601 ja estava cobert el segon nivell del campanar, ja que es va decidir construir-hi a dins les estances per als guardes de la catedral.

L'any 1603, quan ja estaven molt avançades les obres de la torre, s'acordà i s'encarregà en ferm la construcció del quart tram de la volta.

El 8 de novembre de 1606 es va acordar començar a construir la façana principal. El 19 de desembre va ser col·locada la primera pedra dels fonaments. El 1607 les obres del campanar varen arribar ja al quart nivell. Allà es va construir una estructura de fusta per traslladar-hi les campanes des de les restes del campanar romànic, que havia quedat escapçat per poder acabar les obres del quart tram de volta. El trasllat es va dur a terme el 22 de desembre de 1607.

El 20 d'octubre de 1607 es va encarregar la construcció de la pica d'aigua beneïda per a l'interior de les portes majors, i el 3 de setembre es va fer el projecte de les escales principals.

Una vegada arribada la construcció de la façana per damunt de les portes i amb el recinte tancat es va frenar considerablement el ritme de treball. El 10 de gener de 1611 va morir el bisbe i es paralitzaren les obres.

Restaven encara dempeus les restes de la façana romànica just per darrere de la nova façana començada a construir. A la seva part interior s'hi trobava l'orgue major, i als seus peus hi havia el cor, que es va cobrir amb un tendal per protegir-lo del fred, anomenat la *mulassa*. Entre la part superior de l'antiga façana i el quart tram de volta acabat de construir quedava un espai pel qual entraven el fred i la pluja.

El 23 de gener de 1680 va ser nomenat bisbe fra Severo Tomás Auther. El 10 de febrer el capítol catedralici decidí continuar la construcció de la façana.

El 1685 va arribar a la diòcesi fra Miquel Pontich, el qual decidí sufragar la construcció de les noves escalinates, obra que consta que ja estava acabada el juliol de 1694.

Mentrestant, el 5 de maig de 1691 es contractà la construcció de la segona filera de la façana, i el

7 de maig de 1698 la de la tercera; totes dues van ser dirigides per l'arquitecte Bartolomé Soriano, que dirigia les obres de la catedral des del 1691. L'1 de juliol de 1701 s'acordà l'enderrocament de l'antiga façana romànica. Això va permetre la construcció de la part interior de la nova façana. Les obres d'aquesta varen continuar, amb interrupcions, fins al 1740, en què es varen aturar definitivament fins a la finalització duta a terme en ple segle xx. Les obres del campanar varen quedar paralitzades durant un segle i mig. Dels anys 1741-1752 es conserven diversos plànols de possibles acabaments del campanar. Un d'ells, de l'arquitecte Clarà, de Perpinyà, ja parla de la "regularització de la planta" a partir del nivell superior de la cornisa.

El 17 de desembre de 1751 es decidí continuar les obres, almenys fins al nivell dels finestrals superiors, on havien de quedar col·locades definitivament les campanes. Del 2 de juny de 1752 data un altre projecte d'Agustí Soriano que parla

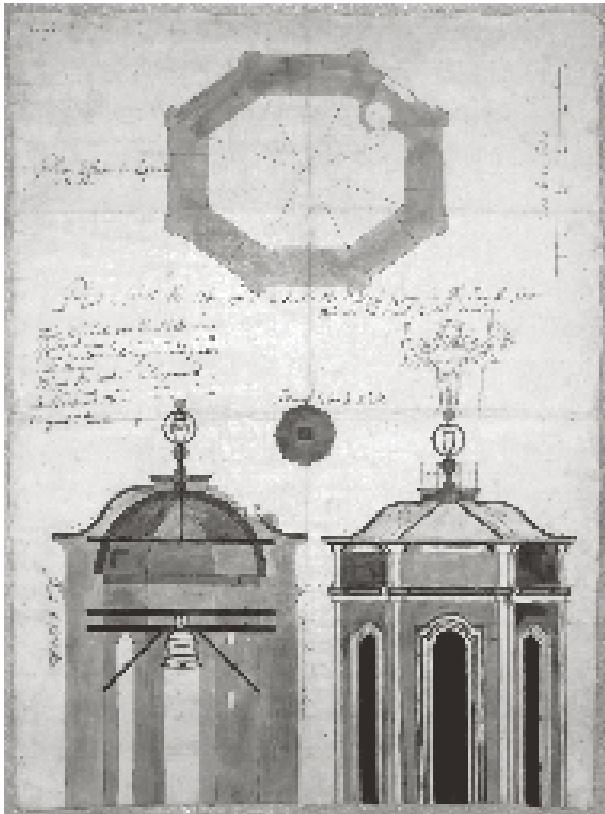
de reduir les dimensions del sòcol i també de la "regularització" de la planta octogonal. Sembla que, en aquell moment, només es va consolidar l'estructura que suportava les campanes.

L'any 1755 es va constituir una comissió encarregada de la col·locació del rellotge i de les campanes de les hores i dels quarts. També es va preveure la futura col·locació de l'àngel a la part superior del campanar.

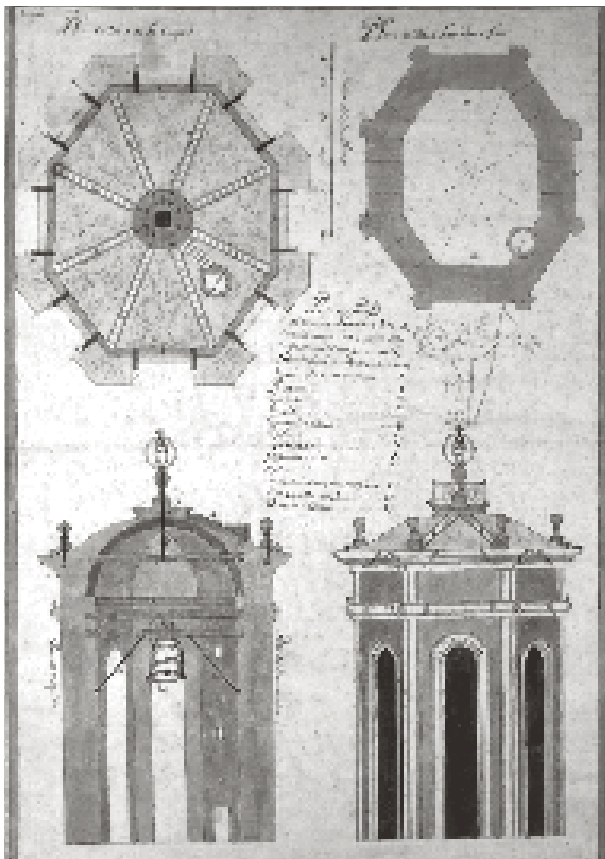
El mes de juliol del 1757 es repregueren, sota la direcció de l'empresari Salvi Lliura, les obres del campanar, seguint el projecte de l'arquitecte Soriano. El 6 de setembre de 1759 les campanes ja estaven col·locades en els brancals dels finestrals. Els arquitectes Josep Morató, Fortià Anglada i Francesc Morató, a petició del capítol catedralici, varen tornar a examinar les obres, que, en ser declarades conformes el 18 de desembre de 1750, varen continuar a un ritme intens fins a la seva finalització, l'any 1764.



Plànols amb una doble solució per a l'acabament del campanar. (Foto: Gustavo A.T. Mendoza).



Plànols d'obra de la solució final del campanar que més s'acosta a la imatge actual. Amb detalls constructius. (Foto: G.A.T. Mendoza).



L'àngel penell que corona el campanar va ser realitzat pel calderer Ramon Salvatella.

A partir del 1770 s'encarregà al rellotger Antoni Safoy i al serraller Narcís Calmellas la recomposició del rellotge, que va quedar finalitzada el 1784.

L'any 1771 es construïren les voltes de rajol de les bandes de llevant i ponent del campanar per obtenir una millor sonoritat de les campanes.

L'any 1803 es va decidir aixecar la teulada de tota la nau principal de la catedral pel mal estat de l'estructura de fusta que l'havia suportat fins aleshores.

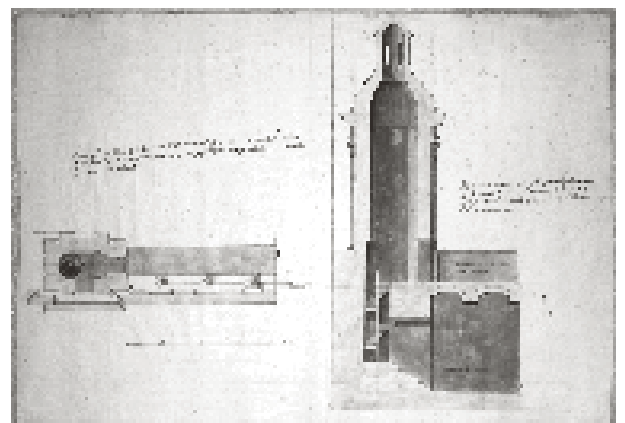
L'any 1961 es va acabar la construcció de l'acabament superior de la façana principal. Cal remarcar aquí que, segons el projecte de l'època, tota la cornisa, tant la de la façana com la que envolta el campanar, havia de quedar rematada per una balustrada que, definitivament, es va descartar.

El 1967 es va substituir l'àngel penell per l'actual.

El 1984 es va canviar la maquinària del rellotge.

L'any 2002 s'enllestiren les obres de restauració de la façana principal i el 2003 la restauració del campanar, de la qual parlarem tot seguit. Actualment s'està restaurant la façana nord.

Hi ha un projecte director de les possibles actuacions a dur a terme a la catedral de Girona, tant pel que fa a la seva conservació com per a l'habilitació per a la visita d'espais fins ara tancats al públic, com per exemple el campanar. Malgrat tot, les mesures de seguretat necessàries i la situació econòmica actual fa que en sigui molt improbable una propera realització.



Projecte de torre situada a l'esquerra de la façana principal, mai portada a terme. (Foto: Gustavo A.T. Mendoza).

Restauració del campanar de la catedral de Girona

La restauració del campanar va ser encarregada pel Capítol de la Catedral i el Bisbat de Girona, i s'emmarcava en els treballs de restauració integral de la catedral que preveu el pla director. Aquesta obra es finançava mitjançant el conveni entre el Departament de Cultura de la Generalitat de Catalunya, el bisbat de Girona, l'Ajuntament i la Diputació de Girona. El projecte va ser redactat pels arquitectes Fuses-Viader i Paulí-Pla, amb la col·laboració dels arquitectes tècnics Sònia Vergés i Jaume Vila. L'empresa constructora va ser CPA SL, de Burgos.

Les obres varen començar l'octubre del 2002, un cop muntada la bastida, i finalitzaren el setembre de 2003.

Característiques de la pedra

Tot el campanar està construït amb pedra numulítica de Girona procedent de l'antiga pedrera de Pedret.

És una calcària fossilífera, formada principalment per minerals carbonatats. Els seus minerals presenten un grau de cristal·linitat molt alt i en la seva textura apareixen pocs espais buits (porositat oberta al voltant de l'1,5%).

La proclivitat al deteriorament és relativament baixa, ja que la pedra mostra molt poques vies d'accés perquè hi pugui penetrar l'aigua i que circuli en el seu interior. Per la mateixa raó, la penetració de qualsevol producte que es planteja utilitzar en les etapes d'intervenció també és difícil.



1



2

Façana de migjorn del campanar abans i després de la restauració de l'any 2003. (Foto 1: Jordi Paulí - Foto 2: Sònia Vergés).

Les dues varietats de calcària utilitzades, anomenades per la seva coloració blanca i blava, són molt semblants pel que fa a petrografia i propietats físiques i isotròpiques, però observant el deteriorament general sembla que es pot deduir que la varietat blanca hi és més propensa. Això és deu al fet que aquesta varietat presenta vetes d'argila, molt alterables amb l'aigua.

Estat de conservació

Els dos agents principals de deteriorament de l'obra eren l'aigua i la degradació física que patien nombrosos carreus, cornises i pedres motllurades, a causa, principalment, del bombardeig que va suportar la catedral durant la guerra contra els francesos. Aquest deteriorament es feia més evident en el costat nord. Això s'explica perquè les bombardes eren llençades bàsicament des de Montjuïc. Aquestes lesions comportaven un deteriorament estètic del monument, una entrada contínua d'aigua, i per tant la contínua degradació dels murs de la torre i un risc de despeniment de fragments de pedra.

L'acció de l'aigua es feia més evident en la part superior del campanar, amb l'ennegriment de cornises i impostes, la proliferació de vegetació i la presència puntual de sals solubles.

Una altra patologia important era l'existència de nombroses fissures i esclatxes, que suposaven risc de despeniment de fragments de pedra.

També era important la desplaçació que afecta algunes pedres, patologia que consisteix en l'exfoliació de gruixos de 2-3 mm que se separen de la resta del carreu.

Puntualment apareixien carreus que havien perdut part del material i que o bé presentaven uns forats importants o bé amb el temps havien estat substituïts per gruixos considerables de morter.

A la coberta hi havia peces de pedra trencades i rejuntades, i vegetació entre les peces que calia eliminar. Mancava un dels pilarets de cantonada i d'altres tenien l'acabament deteriorat.

Un altre fet singular era la presència de pàtines o crostes de guix, degudes a pàtines artificials, fetes per la mà de l'home per protegir la pedra. En altres casos s'havia format guix sobre aquesta capa, per interacció de diferents elements. Tots aquests components formaven crostes de guix variable, que tendien a disgregar el material i a



Cara nord de la cornisa. (Foto: CPA, SL).



Escorrenties per les cornises. (Foto: CPA, SL).



Peces que es trobaven a punt de caure. (Foto: CPA, SL).



Desplacacions amb caiguda de material. (Foto: Sònia Vergés).

desprendre'l de la superfície. Durant la intervenció de les crostes s'eliminava el guix i es preservava la pàtina artificial.

El rebliment de les juntes amb morter s'havia perdut parcialment o totalment, sobretot a les parts superiors.

Les pèrdues de material a les cornises i sortints propiciava l'evacuació de l'aigua per zones no adequades del parament, i el rentat o la imbibició d'aigua d'aquestes parts va accelerar el deteriorament de la pedra.

Intervenció i criteris

La intervenció a realitzar era la restauració de tot l'exterior del campanar de la catedral i la pedra de l'interior del nivell dels finestrals de les campanes. S'hi van afegir els treballs de restauració de les campanes mateixes.

Dos mesos abans de l'inici de les obres es va muntar una estructura de bastida del tipus tubular d'acer galvanitzat, multidireccional. La bastida va estar protegida amb xarxes blanques per desig exprés de la comissió de seguiment de les obres. Així mateix va ser instal·lat un muntacàrregues mixt, utilitzable per a transport de càrrega i persones (va ser dels primers que es muntaren a Girona) que accedia fins a la coberta. Als peus de la torre va ser instal·lat un tancament que ocupava part de la plaça dels Apòstols, on vam ubicar el taller de pedra picada i la zona d'aplec de materials, con-



Muntatge de la bastida i el muntacàrregues. (Foto: Sònia Vergés).



Detall de la bastida i el muntacàrregues. (Foto: Sònia Vergés).

tenidors, eines i maquinària. A més, en previsió de possibles atacs de vandalisme, s'hi va col·locar una alarma de seguretat.

Neteja preliminar

En tota la superfície s'eliminaren els dipòsits de pols, excrements secs, les pàtines de brutícia i els diferents tipus de vegetació morta. Consistí en una neteja amb raspall de pues vegetals i aspirador, previ als altres sistemes de neteja.

Tractament biocida

S'eliminaren tots els organismes biològics mitjançant tractament biocida (fungicida-algicida). S'hi insistí durant diverses setmanes per a l'eliminació total de líquens i fongs.

Sobre les fulles de les plantes s'aplicava un tractament herbicida mitjançant polvorització



Figuera nascuda sota la cornisa. (Foto: CPA, SL).



Ancoratges metàl·lics de la campana del cupulí. (Foto: Sònia Vergés).

manual, i al cap d'una setmana s'eliminaven les plantes mortes.

Molt diferent va ser el tractament de les tres figueres que es trobaven a la zona de la coberta i sota cornisa, atès que són plantes molt resistents i els herbicides comercials no aconseguen matar-les. Un cop podada, se sotmeté a banys d'una dissolució de gasoil, fins i tot injectant-ne a les arrels, cobrint-les i insistint-hi durant 4-6 setmanes fins a la seva mort.

Neteja

En els paraments llisos i cohesionats, es va efectuar la neteja amb projecció a baixa pressió de microesferes de vidre, sempre conservant les pàtines originals.

On es detectaven incrustacions de sals i eflorescències, s'utilitzaven apòsits de pasta de cel·lulosa impregnats en aigua destil·lada. Per a les crostes negres més difícils d'eliminar s'optà per papetes amb compostos de bicarbonats.

Tractament de juntes

El criteri general va ser el d'obrir únicament aquelles juntes que presentessin una degradació important del morter, i que s'eliminessin les juntes amb morters de ciment o resines.

Previ al rejuntat general, es van realitzar unes proves de morter de rejuntat, per definir textura i color, que havien de ser el més semblants pos-

sible als existents. Aquest morter estava format per calç, àrid de sílice i marmolina, amb càrrega de pigments naturals en massa.

Tractament de fissures, esquerdes i peces trencades

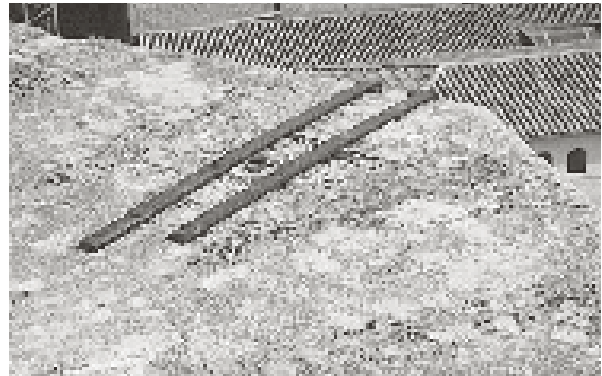
Totes les fissures, un cop netejades se segellaven amb morter de reparació, segons els casos aplicat amb espàtula o paletí. Veient com s'anaven tapant totes aquelles fissures, que n'hi havia a milers, amb espàtules de pintar quadres a l'oli, pensava que no acabaríem mai l'obra.

Una de les premisses era l'estabilitat dels diversos elements arquitectònics que suposaven un risc de despreniment; per tant, en el cas d'esquerdes o fractures de major proporció realitzàvem cosits i microcosits amb armadures d'acer inoxidable de 4-6 mm de diàmetre, injectades amb resina epoxídica.

Actuació sobre elements metàl·lics

Al cupulí ja van aparèixer els primers elements metàl·lics encastats a l'interior de la pedra, que havien provocat danys que no s'apreciaven a causa d'antigues intervencions amb morters de ciment. Aquests elements en el cupulí eren estructurals (suports de la campana dels quarts i del penell, etc.), eren rodons d'acer i després d'inspeccionar-los un per un s'eliminaven els que ja no tenien cap funció. La resta es tallaven el suficient per poder massillar el forat, previ tractament del ferro i segellament amb morter. Quan en trobàvem d'altres, com ancoratges antics, claus,... també s'extreien. A més hi havia grapes d'ancoratge entre peces, originals de muntatge. El criteri general va ser substituir les grapes funcionals, necessàries perquè continuï la transmissió d'esforços, per altres idèntiques fabricades en acer inoxidable, agafades a la fàbrica amb morter de resina.

La cornisa gran sota el cos de campanes va aparèixer plena de grapes de subjecció de les peces, i la pedra, fissurada, amenaçava despreniment; aquí es van extreure i se substituï la pedra feta malbé. També vàrem eliminar els ancoratges del parallamps antic, que van ser revisats i substituïts, alhora que es canvià el captador per un que garantia la protecció de tota la catedral.



Ancoratges que subjectaven algunes pedres de la cornisa. (Foto: S. Vergés).



Hissant les peces noves. (Foto: CPA, SL).



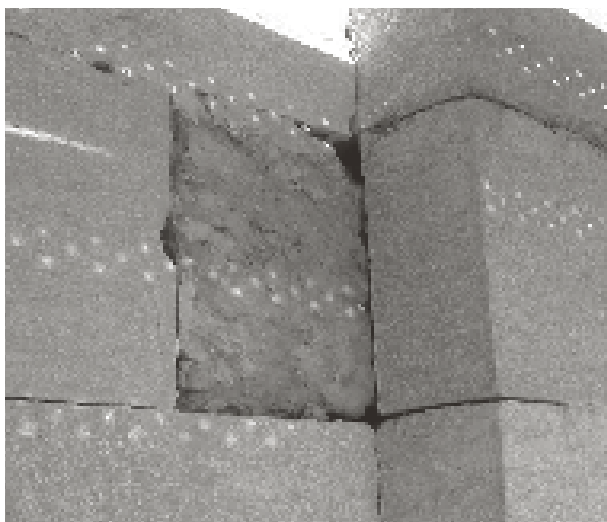
Col·locació de les noves peces. (Foto: Sònia Vergés).



Peces acabades de substituir. (Foto: Sònia Vergés).



Peces arquejades del cupulí. (Foto: Sònia Vergés).



Carreu en mal estat. (Foto: Sònia Vergés).



Carreu afectat per una bombarda. (Foto: Sònia Vergés).

Renovació i reintegració

Entenem per renovació l'operació de substitució de les peces de fàbrica que es trobaven en un estat elevat de degradació per peces noves realitzades amb el mateix tipus de pedra.

Durant vàries visites d'obra es va anar inspeccionant l'estat general de la pedra i es determinà les peces a substituir o reintegrar. Normalment, quan el nivell de degradació de la peça era superior al 20% del seu volum, o quan no era possible cosir-la, se substituïa. Es procedia a treure la peça deteriorada, es realitzava l'encaix i es col·locava la nova peça. En moltes ocasions s'assegurava la peça ancorant-la amb rodons d'acer inoxidable. Els picapedrers eren els encarregats de treballar les pedres a l'obra mateix. Els arribaven en blocs de diferents mides, i se sorprenien de la seva duresa i del que costa treballar aquesta pedra.

La coberta del cupulí es trobava en molt mal estat i vam haver de substituir un gran volum de pedra. Van ser reemplaçades quatre de les peces arquejades que es trobaven altament deteriorades, així com bona part de la cornisa.

A la coberta es varen canviar diverses peces trencades. Es retiraven les peces, s'eliminava les restes de vegetació i es tornaven a col·locar amb el mateix sistema de cavalcament, però assegurant-les amb un rodó d'acer inoxidable.

Una altra zona on va ser necessari canviar bona part de la pedra va ser la cornisa gran sota el cos de campanes, amb les peces de mida més important, fins al punt que va fer falta grua per poder-les pujar.

Igualment, com a criteri general, van ser susceptibles de renovació parts dels carreus en estat avançat de degradació, o malmesos pels estralls causats per les bombardes. Aquests darrers van ser substituïts, però se'n deixaren alguns com a testimoni del fet històric, sempre que no impliquessin risc de caiguda, entrada d'aigua al mur o desfiguressin una volumetria singular.

S'actuava sobre les desplaçacions eliminant-les i es regularitzava la resta de la pedra amb buixarda pneumàtica.

D'altra banda, hi havia lesions d'elements petris en vores de cornises, sortints de peces, etc. i fins i tot en paraments plans, on les faltes volumètriques eren de menor importància. En aquests casos, l'operació realitzada va ser la reintegració, amb morter de restauració, amb criteri de pròtesis



Reintegracions a la coberta. (Foto: CPA, SL).

reversibles. Es realitzaven microperforacions per a la incorporació de rodons de petit diàmetre d'acer inoxidable, ancorats amb resines epoxídiques. L'operació es finalitzava amb una buixardada igual a l'existent. On es va aplicar molt aquesta tècnica va ser a la coberta, per poder recuperar les línies de les teules de pedra.

Entonació cromàtica i hidrofugació

L'entonació cromàtica és la impregnació a base d'una solució d'acetona i pigments naturals, aplicada per mitjans manuals, a manera de veladura, sobre la pedra fins aconseguir l'entonació desitjada. Va ser suficient perquè les reintegracions i peces de pedra noves i altres imperfeccions passessin desapercebudes en acabar l'obra.

La hidrofugació final té com a propòsit atenuar o alentir l'acció dels agents mediambientals, obstaculitzar la penetració de l'aigua i els productes contaminants dissolts, i evitar el dipòsit a la superfície de la pedra de partícules de contaminació. Per tant es va aplicar en tota la superfície del campanar un hidrofugant silicònic, assajat per la Universitat d'Oviedo i comprovat amb èxit a la façana.

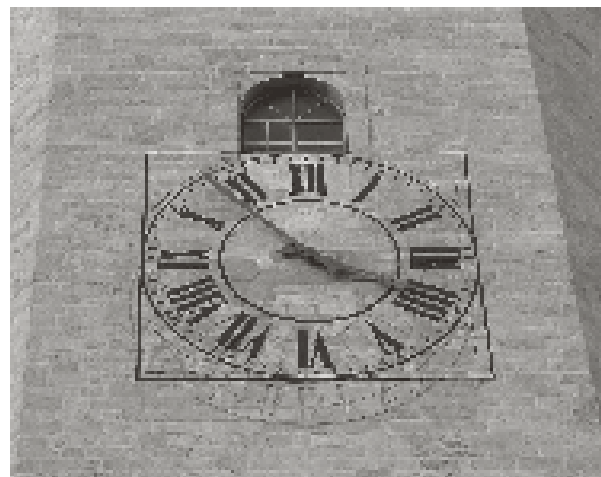
La impermeabilització de les superfícies horitzontals de cornises i escopidors es va realitzar mitjançant l'aplicació d'una resina epoxídica cicloalifàtica amb càrrega de fibra de vidre.

En no haver-hi trencaigües en algunes zones de cornises, com la gran, es va optar per la col·locació d'un goteró fabricat amb acer inoxidable matisat, en forma de bec.

Altres actuacions

En l'actuació de la coberta es va eliminar el parament d'obra que feia de barana de protecció de la sortida de l'escala de cargol, cap al cupulí, per un passamà de ferro forjat, molt més lleuger. Un altre dels treballs va ser la restauració de l'escultura de coronament del campanar, l'Àngel, que a la vegada funciona com a penell. Es va netejar, s'hi repararen les esquerdes, es van revisar rodaments i es va polir, envernissar i tractar la peça amb un producte anticorrosió segellador. Es va restaurar el rellotge, repintant els signes horaris i les diverses línies d'emmarcament. Es va deixar de testimoni l'antic rellotge de sol que l'estucador italià Virgini Galli de Roma va pintar l'any 1804. Es va repassar amb un color ocre similar a l'actual els números i l'esfera que estan a la mateixa pedra.

I per últim s'hi va dur a terme la reobertura dels finestrals corresponents al primer i segon nivell. S'enderrocaren els murs de fàbrica existents i es formà un tancament amb perfils d'acer inoxidable mat amb composició de platines i vidre laminar 4+4 mm, intentant imitar les línies dels vitralls.



Rellotge restaurat. (Foto: Sònia Vergés).

Restauració de les campanes de la catedral de Girona

Antecedents

L'any 1936 el campanar disposava en la seva part alta de les campanes Beneta o Bombo, Capitular, Assumpta, Dominical, Na, Quotidiana, Bramamorts, Peixetera, la de les Excomunions, la Petita i la dels Quarts.

En esclatar la guerra civil totes, excepte el Bombo (de 4.800 kg) i la dels Quarts, van ser tretes del campanar i desmuntades i el metall es diposità a l'estranger. El 16 de maig del 1940, però, es consagrava la nova campana Assumpta i al cap d'un any les noves Capitular, Dominical i Quotidiana. El 20 de juny del 1946 l'Assumpta es va despendre del seu jou, va caure a l'exterior i es va trossejar. El 26 d'octubre del mateix any, ja refosa es consagrà de nou.

A conseqüència d'aquest accident van treure les campanes de les esqueixades als finestrals i s'entraren a dins del campanar, penjades sobre arcs rebaixats, construïts a corre-cuita per a

l'ocasió i adossats als murs, contra les agulles de carreus de les cares nord i sud del campanar. Al cap de poc temps, sobretot per falta de feines de manteniment, les campanes van deixar de vogar.

Projecte

L'obra de restauració de les campanes va ser encarregada pel Capítol de la Catedral a l'empresa Rifer, amb projecte dels arquitectes Josep M. Pla i Carme Vich.

Els arquitectes es van plantejar la possibilitat de retornar les campanes a l'exterior, és a dir, a les esqueixades del finestrals, que és on havien estat inicialment, però aquesta opció es va desestimar per diverses raons: per seguretat –a part de la caiguda de la campana, algun batall també s'havia després–, per sonoritat –el so de les campanes a l'exterior es fa molt més estrident i s'individualitza i prepondera molt el de la campana que tens enfront sobre tots els de les altres– i per conservació dels mecanismes –a l'interior, la intempèrie és



Les campanes i els arcs abans de la restauració.
(Foto: Sònia Vergés).



Detall d'una campana amb l'antic jou i contrapès.
(Foto: Sònia Vergés).

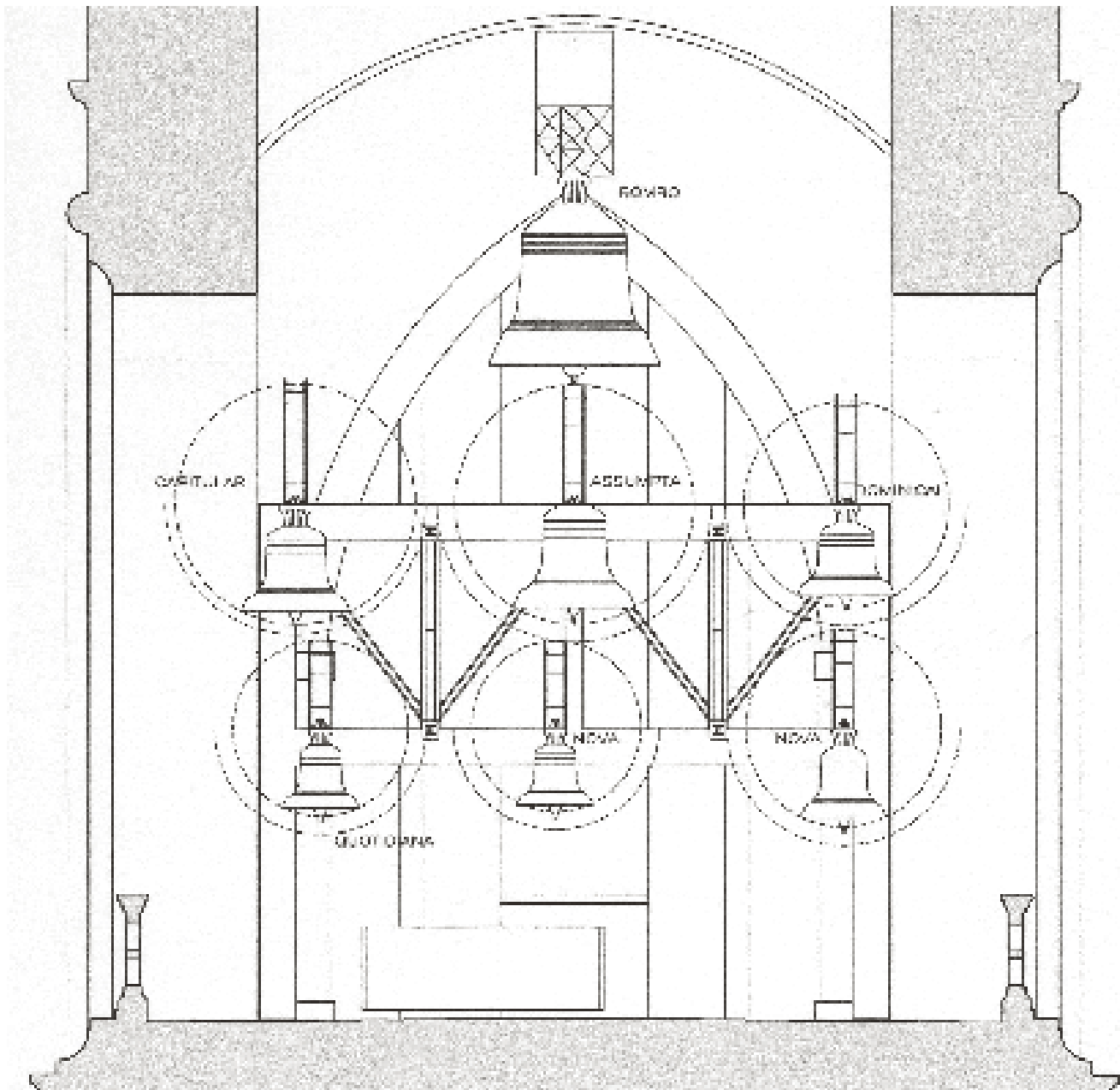
menys punyent i és més fàcil i segur arribar a fer les feines de manteniment.

Per tant, es projectà una estructura autoportant de fusta massissa d'iroc i ferro en forma de dues bigues de gelosia amb suports verticals extrems, encaixonades en el lloc que ocupaven els dos arcs rebaixats centrals, és a dir, entre els finestrals nord i sud del campanar.

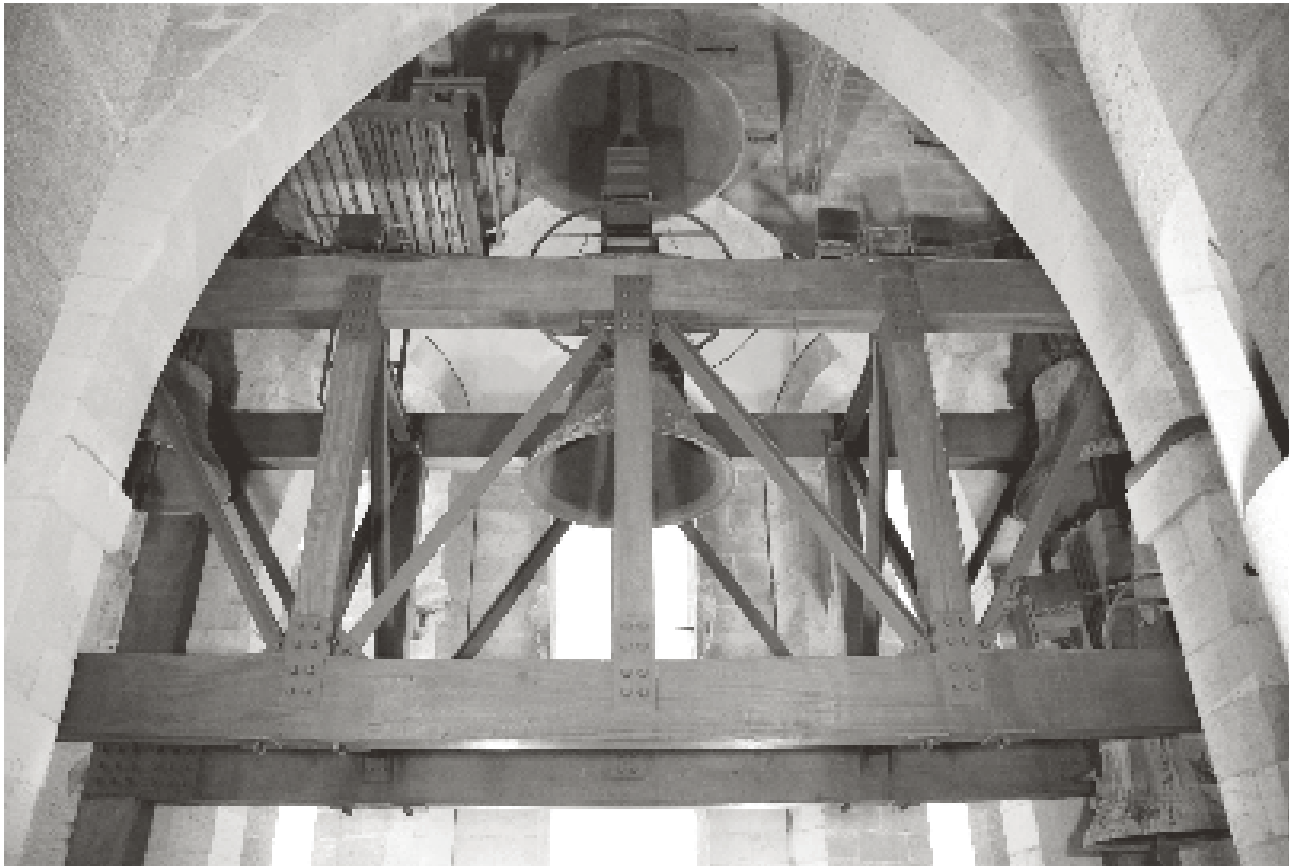
Les escairades de fusta utilitzades eren de 40 x 20 cm i 20 x 20 cm. Els elements de ferro, galvanit-

zats en calent, perfils HEB en barres inclinades en les claus de les bigues, travant-se entre elles (creu de sant Andreu). Totes les peces metàl·liques d'aferrament d'unions, platines, cargols, tirafons..., d'acer inoxidable.

L'estructura, que queda aïllada de l'estructura petrià mitjançant tacs silenciadors (*silent-blocks*) de cautxú, tant en parets com a terra, acull 3 campanes de la peça horitzontal superior –l'Assumpta al mig centrada a plom del Bombo, la



Plànol de col·locació de les campanes actuals i les dues possibles futures, amb el moviment en cas de ser vogades.



Disposició actual de les campanes. (Foto: Sònia Vergés).

Capitular en la banda sud i la Dominical en la banda nord—, i tres de la peça horitzontal inferior —la Quotidiana al sud i dues possibles futures campanes que totalitzarien l'escala musical, una de 520 kg i l'altre de 330 kg.



Jou i el mecanisme actual d'una campana. (Foto: Sònia Vergés).

Les campanes, sobre el nou suport, poden repicar i vogar manualment i mecànicament.

Totes les maniobres fetes a mà es fan amb el campaner a peu de campanes.

Per poder repicar elèctricament es van disposar uns electromartells, un per campana, penjats de l'estructura de fusta.

Per vogar elèctricament, fins a 180°, es disposaren uns electromotors recolzats en la mateixa estructura de fusta, que porten un pinyó amb una cadena articulada fins a un anella situada a l'eix de cada campana. En previsió d'un possible accident en vogar mecànicament, es van disposar les campanes en l'estructura dimensionat de manera que cada campana pogués donar la volta de 360°, evitant el contacte entre elles.

Tota la maniobra elèctrica de campanes es comanda des de la planta baixa del campanar mitjançant un ordinador (central electrònica).

Les campanes van ser restaurades, se'ls van canviar els jous per uns de fusta d'iroc i també es van renovar els batalls.



Suports originals de les campanes en els brancals. (Foto: S. Vergés).

Per poder portar a terme la nova ubicació de les campanes, primer va ser necessari enderrocar els quatre arcs rebaixats de formigó. Un cop desmuntades les campanes i deixades sobre el paviment, es va veure que els arcs amagaven a l'interior unes bigues metàl·liques, que eren el suport real de les campanes i que a causa de la seva dimensió van haver de ser tallades a l'obra, per poder baixar-les. Les voltes de rajol ceràmic, que fan de tornaveu als terços de llevant i de ponent del campanar, presentaven molts forats i el seu acabat estava deteriorat. Es va optar per repicar-lo i tornar-lo a fer, un cop tapats tots els forats, però deixant-ne de més petits per tenir ventilació. Pel seu intra-

dós es va treure tota l'acumulació d'excrements d'aus i es va poder comprovar que l'estat de la volta era bo.

Finalment, per evitar l'entrada de coloms dins del campanar, es va instal·lar un sistema d'allunyament d'aquestes aus, consistent en la col·locació de xarxes, ancorades a un cable d'acer inoxidable clavat a la fàbrica, amb tensors en els seus extrems, de manera que no s'aprecia des de l'exterior, i a la pujada a la coberta i al cupulí es va instal·lar una porta amb el mateix objectiu.

Agraïments

Volem expressar el nostre agraïment al capítol de la Catedral de Girona i especialment a Mn. Joan Naspleda (director del Patrimoni del capítol) i a Mn. Jaume Julià (president-degà del capítol) per les seves facilitats. A Gustavo A.T. Mendoza per la seva ajuda, les valuoses informacions i la seva cordialitat. A l'empresa CPA, SL per la informació fotogràfica. A tots ells, moltes gràcies.

Joan Ristol Perxés

Arquitecte tècnic

Sònia Vergés Roig

Arquitecta tècnica

Els meus carrers (VIII)

Narcís Sureda Daunís

La Rambla i l'Argenteria

Diu en els historiadors que la Girona romana i àdhuc l'altmedieval tenia un lloc geomètric, un punt de trobada de les persones i també de les activitats socials i econòmiques. Aquest lloc era el fòrum, que se situava en l'àmbit de l'actual plaça de la Catedral.

En entrar l'edat mitjana aquell espai anà perdent la denominació de *fòrum* per anar adquirint la de *mercadell*, simplement perquè l'espai ja servia quasi únicament per a celebrar-hi els mercats.

Però l'espai dins de muralles s'anà fent petit. Ni el mercat ni l'increment demogràfic no es podien encabir en la vella ciutat triangular, i s'anà edificant fora muralles, primer al barri de Sant Pere i després al pla de l'Areny, a la banda de ponent, entre l'Onyar i la muntanya, a banda i banda de la Via Augusta.

Prop de les cases, ran de la llera del riu s'hi anà formant tímidament un nou *mercadell*. Com que de les lleres de rieres i rius se'n deien rambles, la rambla dreta de l'Onyar es convertí, a poc a poc, en el lloc més important del mercat de Girona i, també a poc a poc, anà assolint les funcions de fòrum. Quan al segle XIV el rei Pere amplià les muralles, la cosa es consolidà. Aparegueren a la Rambla i els seus voltants una sèrie d'edificis porxats que permetien celebrar-hi mercats i també fer-hi passejades fins i tot quan feia mal temps. Aquesta funció de fòrum perdurà a la Rambla fins a final dels anys 70 del segle passat, un xic minvat, però en la dècada dels anys 60 encara mantenia moments àlgids. Poc abans, en la dècada dels 40 havia perdut el caràcter de mercat –se'n deia la plaça de les Cols– en haver-se construït el nou mercat municipal.

És difícil que les noves generacions es puguin imaginar la gran importància ciutadana d'aquell fòrum durant més de sis segles i que encara recordem els gironins que vàrem néixer en la dècada dels anys 40-50 del segle XX, perquè aleshores aquella importància es mantenia ben viva.

La Rambla té un annex un xic més estret, com a apèndix necessari i imprescindible, que li serveix per no ser un cul de sac i comunicar-la amb el cor del Barri Vell i també per travessar l'Onyar. És un apèndix certament més estret però d'una gran categoria gremial i històrica. És el carrer de l'Argenteria, que té personalitat i història pròpies



Edificis porxats on es feien mercats. (Foto: Mía Masgrau).

i l'únic de Girona i de bona part de l'univers que posseeix un personatge llegendari no permanent, és a dir, que s'hi belluga a segons quina època de l'any, i que de lluny sembla viu: el Tarlà.



El carrer de l'Argenteria. (Foto: MMV).

Ja hem dit que els dos carrers havien sigut mercat i els dissabtes de tot l'any allí hi confluïa tot Girona. Per Fires, la confluència massiva i d'arreu durava una setmana, i si em situo a l'àmbit dels records propis, encara la rememoro com el punt obligat d'esbarjo dominical des d'aproximadament les deu del matí fins a les dues de la tarda, moment en què, com per art de màgia, es buidava totalment en menys de cinc minuts. Rambla i Argenteria, és clar.

S'hi passejava amunt i avall, mitja volta i tornem-hi. La Rambla permetia dues direccions; l'Argenteria, no: s'hi passejava o bé d'entrada o bé de sortida. Si un noi o una noia es volien llucar per observar-se les respectives actituds i fer-se o no hipotètiques il·lusions, ho havien de fer a la Rambla.

Si no se'n cansaven podien anar avall i amunt fins que s'atipessin de la fugacitat dels encontres i es decidissin –normalment era el noi– a fer el trajecte en companyia, generalment en grup –quan no era en grup hi havia millors llocs a Girona. Si en

un dels dos trajectes es perdien de vista és que un d'ells havia perdut l'interès o volia fer guiar a l'altre i s'havia esmunyit, o bé Argenteria avall o bé Pont de Pedra amunt.

La gent que treballava lluny de la Rambla hi solia acudir els dissabtes i sobretot els diumenges, però els i les estudiants, tant de l'Institut com dels Maristes i de les Escolàpies, confluïen cap a la Rambla a la una del migdia i cap a les set de la tarda, cada dia menys els diumenges, que també hi anaven, ells més arreglats i elles també i sense uniforme.

Hem anat decantant, ja es veu, cap a l'ús que de la Rambla en feia el jovent, perquè aquests són els records més notables que en tinc i que la converteixen en un dels meus carrers.

Els records, prou intensos, d'abans, de quan era un infant, són escassos: la compra dels tebeos del diumenge a Can Ciriaco; els titelles durant la festa del carrer; el guarniment de l'Argenteria amb enramades de canyes verdes i el Tarlà passejat en un carro estirat per un burret i a so d'un tabal i de la cantarella d'una munió de canalla.

La percepció que de la Rambla tenia un infant i la que en tenia un adolescent o una persona adulta tenien en comú que la Rambla mantenia els trets característics d'un fòrum.

Les multitudinàries processons de Corpus, de Setmana Santa o d'altres esdeveniments religiosos, civils o militars, que de tot hi havia i hi havia hagut des de feia segles –la gent creu erròniament que tot això només succeï en la postguerra– no obviaven mai la Rambla, només hauria faltat!



Quiosc d'en Ciriaco. (Foto: Arxiu Masgrau-Yani).

I quan hom estrenava sabates, vestit o abric i, molt més tardanament, algú estrenava cotxe, el primer lloc per anar-ho a lluir era la Rambla.

A la Rambla dels meus records hi havia tres cafès. Al capdamunt, davant del quiosc d'en Ciriaco, hi havia un cafè bar des de feia molts anys, Can Muntanya, freqüentat per tertulians de domini, botifarra o futbol. El seu propietari era una persona molt popular i coneguda. A sobre del local hi havia un entresòl que contenia diversos futbolins. A aquell entresòl hi anaven bàsicament estudiants masculins. No s'hi servia res, només s'hi jugava introduint monedes en els mecanismes. La vigilància de l'ordre anava a càrrec d'un home gran, quasi sempre assegut en un racó o recolzat a la barana del balcó, i sempre cobert amb una gorra. Tenia un aspecte entre avorrit i emprenyat i havia d'intervenir molt poc o quasi mai. Érem gent un xic avalotada però érem gent d'ordre.

Començant a caminar pels porxos, tot baixant i al mig del trajecte, hi havia un altre cafè que s'assemblava un xic als cafès clàssics. En aquella època portava l'original nom de Cafè Nacional. És el que en Josep M. Gironella en la seva –ja esmentada en altres ocasions– novel·la *Los cipreses creen en Dios* en diu Cafè Neutral. Era un cafè sense barra. Només en tenia una de molt petita, situada entre immensos miralls, necessària per al servei de cambrers.

El mobiliari era el clàssic de tauletes de marbre i cadires de fusta. Allí hi solia haver clients de cafè i dominó a l'interior, però l'atractiu principal era la terrassa, mig coberta pels porxos i mig descoberta a la Rambla. Aquella terrassa era l'aparador de l'elegància provinciana. En èpoques de migradesa donava un cert prestigi –real o figurat, perquè tothom sabia qui era qui– asseure-s'hi i prendre's un vermut amb olives farcides o una cervesa amb cloïsses mentre es lluia el modelet més o menys elegant, més o menys encertat a la moda o més o menys ridícul –no s'ho pensava ningú, encara que ho fos–, i això permetia observar els que passejaven. Jovent i gent gran entre els quals n'hi havia que simplement passejaven per gust i altres que hagueren volgut asseure's a la terrassa –sobretot adults–, però no anaven sobrats de butxaca. Els diumenges era ple.

Dues portes més avall, amb una elegant barberia entremig, hi havia el tercer bar, l'Esport. Era de factura i mobiliari més moderns, tenia una barra amb totes les de la llei. També tenia terrassa, que



Dues botigues importants al carrer de l'Argenteria: la llibreria Geli i la joieria Quera. (Foto: MMV).

es feia competència amb el Nacional, però així com aquest els dies entre setmana tenia una vida molt discreta, l'Esport era freqüentat per futbolistes i *futboleros* i l'ambient era més animat.

La Rambla mantenia, i encara manté, restes de la vida comercial que la féu néixer.

Un local fondo, sota els porxos, amb una gran columna de pedra al mig –que persisteix encara convertit en pub irlandès– servia jocs de llit i de taula, flassades, mocadors de fer farcells, brodat, mocadors i una extensa gamma de tèxtil. En deien can Tapís.

La botiga de *modes* de la Mundeta, després Ribas Crehuet, donava un servei de qualitat. I l'espardeyeria Pijaume, antiquíssima, que encara perdura, refeta però conservant el seu caràcter i amb el mateix cognom, o molts altres comerços la relació dels quals seria feixuga i inútil. No podem, però, deixar d'esmentar la llibreria Dalmau Carles Pla, tota una institució; la popular ferreteria Puig; els Magatzems Pujadas, encara ara pioners en la roba masculina; i les Joguines Perich, que eren el paradís infantil en vigílies de Reis.

El traspàs entre Rambla i Argenteria tenia una xarnera que formava cantonada. Una botiga que tenia una porta a la Rambla en façana prolongació de Vessador i una altra a l'Argenteria. Tant si entraves per una com per l'altra, dues parets de caps de d'un parell de metres d'alçada des de terra i sense prestatges et conduïa al taulell que era el vèrtex de l'angle. S'havia d'anar d'un en un, altrament no es passava.

Naturalment en deien "can caps" i era una merceria. Mai em vaig poder imaginar com podien trobar el gènere enmig d'aquell munt de caps de cartró. Les dues propietàries –germanes elles, una de les quals s'anomenava Baldíria– semblaven realment del segle XIX. Però en aquella botiga, si s'hi anava a comprar un parell de pams de bandera catalana, naturalment no en tenien, però si hom demanava un parell de pams de cinta ratllada groga i vermella, sí que en tenien.

Entrats a l'Argenteria, les botigues més importants –des d'un punt de vista d'utilitat ciutadana– eren la Llibreria Geli i la Joieria Quera, dues autèntiques institucions seguides de prop per la Llibreria

Franquet, la Confiteria Puig –els millors xuixos del món–, la rellotgeria d'en Pere Petit, la drogueria d'en Massaneda i una mena d'antecedent dels moderns basars –aiguabarreig d'ulleres, binocles, termòmetres i plomes estilogràfiques–, d'en Mario Inbèrgamo. D'altres moltes botigues menys característiques configuraven tots els baixos del carrer, eminentment comercial i pràcticament sense entrades d'escala.

A la joieria Quera hi acudien persones d'un cert nivell econòmic, però la llibreria Geli era freqüentada pràcticament per tothom. Per l'altre cap, el local donava al carrer de la Cort Reial i podíem haver-la situat en aquella via, però la façana principal era a l'Argenteria. Era la botiga de literatura religiosa més important, segurament, de les nostres comarques. També oferia literatura profana –això sí, tot amb el *nihil obstat*– i també s'hi venien rosaris, jocs de sobretaula i, per Nadal, unes magnífiques figures de pessebre d'aquelles d'artesanía –encara les conservo, amb el preu escrit en llapis sota la base. Quan s'acostava la quaresma la gent anava a comprar-hi la butlla, que

era una mena de document tipus diploma amb una sanefa –qui en pogués tenir una ara mateix, perquè era una autèntica curiositat!–. N'hi havia de dos preus; el senzill, per a gent modesta, no devia passar dels deu rals. Era, formalment, un document pontifici que dispensava dels rigors quaresmals pel que fa a dejuni i abstinències de carn. Sembla mentida, contemplat des d'ara. La gent, però, de mica en mica s'adonà que podia restar ben dispensada també encara que no comprés la butlla, i la cosa desaparegué sense fer soroll. A part del Tarlà, hi havia a l'Argenteria dues figures característiques per la seva indumentària i fins i tot pel seu aspecte físic semblant. Lluien sempre una bata de les anomenades guardapols. En Massaneda (l'adroguer) la portava un xic descolorida. Mai havia vist aquells dos botiguers amb una americana o un abric; sempre amb bata. Eren l'exemple vivent del botiguer tradicional de l'antic mercadell: estalviador, auster i amb altres virtuts semblants. Aquestes “virtuts semblants” feien que en Petit cada matí anés a la llibreria Franquet a recollir el diari, que llegia ràpidament



Butlla papal. (Foto: Arxiu Masgrau-Yani).

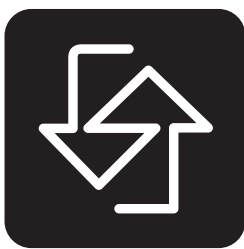


Figura del vampir barbut sota un dels porxos. (Foto: MMV).

i el tornava sense ni una arruga.

La Rambla i l'Argenteria eren un xic menys els meus carrers en una certa exclusivitat, perquè eren més de tothom que els altres de què hem tractat, però des del seu origen s'han incorporat al conjunt que forma el cor del Barri Vell. Testimonis de la seva noblesa antiga són una sèrie de façanes gòtiques que encara es conserven a la Rambla i uns capitells també gòtics que apareixen sota els porxos, un dels quals representa un enigmàtic vampir barbut que, com no podia ser d'altra forma, també té la seva llegenda, però explicar-la aquí seria massa llarg.

Narcís Sureda Daunis



ASCENSORS
SERRA

Fabricació, instal·lació, manteniment,
reparació i reformes de tot tipus
d'aparells elevadors.

CONSULTI'NS!

Ronda Les Mates, 9-10 Apartat 61 17800 OLOT (Girona)
Tel. 972 26 05 00 - 972 26 18 65 Fax 972 26 92 03

La fractura del vidre

Jordi Vilà Alsina

Introducció

Criteris estètics han comportat la introducció d'elements de vidre en aplicacions anteriorment reservades a altres materials. Aquest fet significa que els panells de vidre han de suportar càrregues de gran magnitud. El trencament d'un panell de vidre representa un risc per a la seguretat de les persones, tant pel que fa a la precipitació de peces de vidre com pel comportament de l'estructura sense el panell de vidre que ha patit el trencament. Quan un vidre es fractura cal estudiar-ne el motiu per tal de determinar si la resta de panells de vidre que componen l'estructura també representen un risc per a la integritat de la construcció.

Resistència mecànica del vidre

A diferència de la majoria de materials, l'estructura molecular del vidre no consisteix en una xarxa geomètricament regular, sinó en una xarxa irregular d'àtoms de silici i oxigen amb àlcalis. La seva estructura molecular no presenta plans de corriment ni dislocacions, de forma que no permet la deformació plàstica abans de la fractura [1]. Conseqüentment, el vidre és, a temperatura ambient, perfectament elàstic i presenta fractura fràgil: el vidre es trenca sense avisar (vegeu Figura 1).

El vidre es comporta de forma diferent de materials com ara l'acer o l'alumini. En el procés

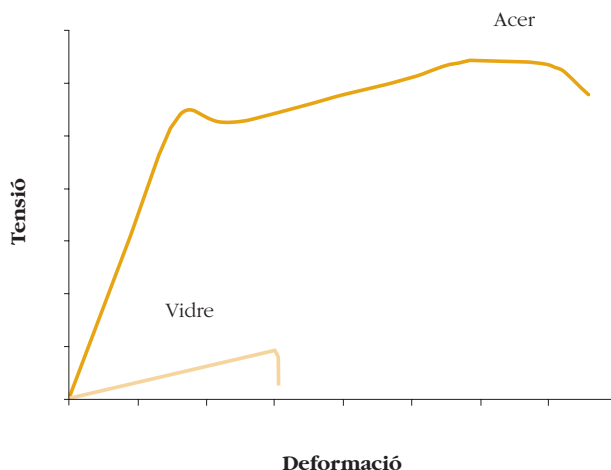


Figura 1. Diagrama teòric de tensió-deformació de l'acer i del vidre.

de disseny d'estructures d'acer els enginyers es concentren a limitar la tensió als punts de major moment flector o esforç tallant. Generalment, les concentracions de tensió en elements d'acer no són un problema, ja que es tracta d'un material amb capacitat plàstica. El vidre és un cas diametralment oposat, on no es poden ignorar les concentracions de tensions a causa de la naturalesa fràgil d'aquest material [2].

La resistència teòrica del vidre la determinen les forces d'unió interatòmiques. D'acord amb aquesta teoria, la resistència mecànica d'un vidre estructural típic hauria de ser aproximadament de 32 GPa [3]. No obstant això, en realitat el valor de la resistència no és una constant del material, sinó que depèn de diferents aspectes, com les condicions de la superfície del panell, la duració de la càrrega aplicada, les condicions ambientals, etc.

A la pràctica, la resistència del vidre és molt inferior als 32 GPa teòrics. Serveixi d'exemple que The Institution of Structural Engineers proposa una tensió límit de 8 MPa per al disseny de vidres recuits sotmesos a càrregues de llarga durada [2]. La gran diferència entre els valors de resistència teòrics i els pràctics foren explicats per Griffith i posteriorment per Irwin, que basen la seva teoria en aspectes geomètrics i energètics: la ruptura del vidre comença en una superfície que conté imperfeccions inicials i es desenvolupa quan el nivell de tensió supera un valor crític. La incapacitat del vidre per deformar-se plàsticament

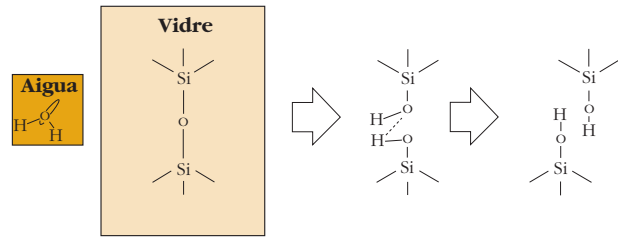


Figura 2. Reacció química a l'extrem de l'esquerda.

fa que sigui molt sensible a les concentracions de tensió que es produeixen a les imperfeccions de la superfície pel denominat efecte d'entalla. Aquestes imperfeccions a la superfície poden ser inherents del vidre o bé resultat del procés de tall i/o perforació del vidre i de les condicions ambientals a què està exposat.

En presència d'humitat apareix el que es coneix com a creixement subcrític de l'esquerda (fatiga estàtica). Es tracta d'un atac químic que produeix que les esquerdes creixin lentament quan la zona on es troben està sotmesa a un esforç que n'afavoreix l'obertura. La figura 2 mostra la reacció química que produeix la corrosió química del vidre (vegeu Figura 2).

La forma més comuna d'augmentar el límit resistent del vidre és reduint els efectes perjudicials de les imperfeccions a la superfície del vidre mitjançant l'aplicació de tractaments tèrmics, que consisteixen a escalfar el vidre fins a una temperatura entre 620°C i 675°C (aproximadament 100°C per sobre de la temperatura de transició del vidre) i després refredar-lo ràpidament. Mitjançant aquest procés

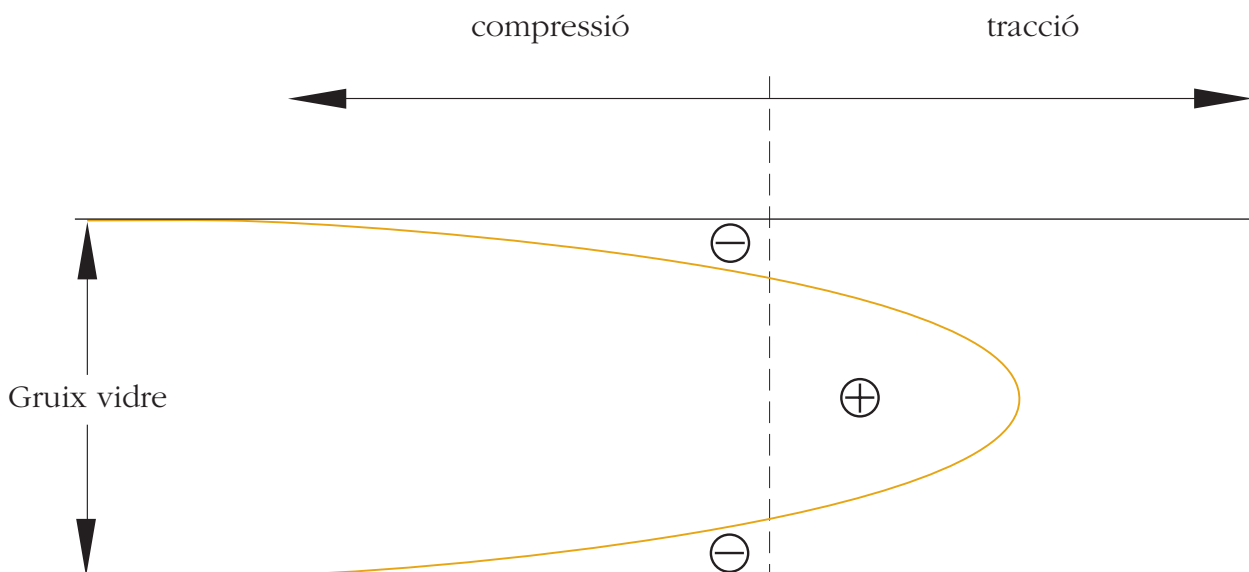


Figura 3. Perfil de tensions residuals obtingut per tractament tèrmic.

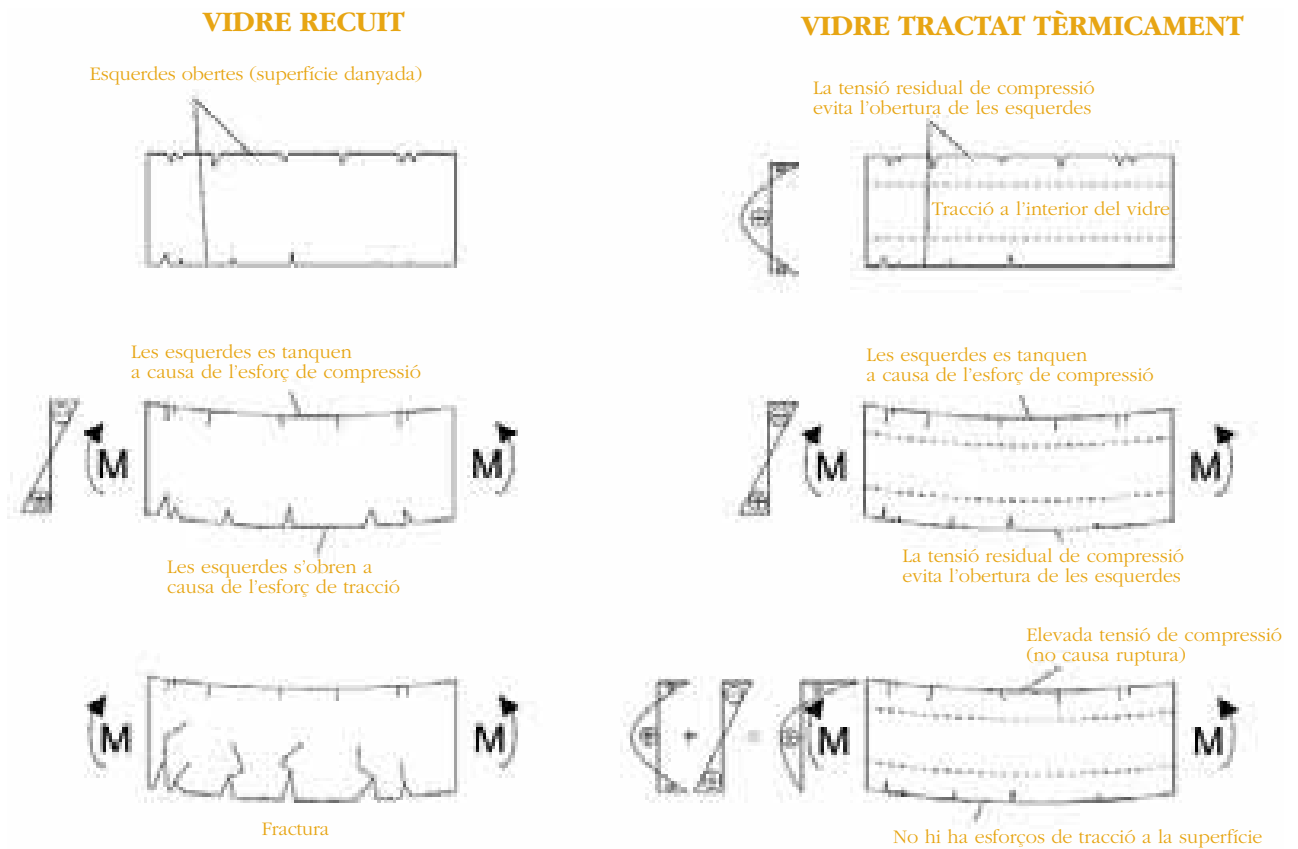


Figura 4. Principis dels tractaments tèrmics.

s'indueix a la secció de vidre el perfil de tensions residuals mostrat a la figura 3 [1] (vegeu Figura 3, pàgina anterior).

A través d'aquests processos tèrmics se solidifica primer la superfície del vidre. A mesura que l'interior del vidre es refreda, aquest prova d'engorjir-se. D'aquesta manera la part interior del vidre queda traccionada, mentre que la superfície queda comprimida.

El vidre tractat tèrmicament presenta una molt clara analogia amb el formigó pretensat. El formigó treballa molt bé a compressió, mentre que la seva capacitat resistent a tracció és molt menor a causa de problemes de fissuració. En introduir una compressió inicial s'aconsegueix tancar les esquerdes, de forma que per obrir-se necessiten un esforç addicional. Aquest concepte es mostra a la figura 4.

Diagnòstic de la causa de la fractura del vidre

La ruptura d'un vidre estructural pot afectar tant

la seguretat de l'edificació com la dels ocupants. Per aquesta raó és important portar a terme un diagnòstic que en determini la causa i permeti jutjar l'estabilitat i capacitat de la resta d'elements de vidre i del conjunt de l'estructura.

El trencament d'un vidre es pot deure a problemes d'inestabilitat (vinclament, bolcada lateral, etc.) o a sobretensions en el vidre (càrregues excessives, tensions tèrmiques, sistemes de suport no apropiats, etc).

Les esquerdes visibles a nivell macroscòpic, així com les inclusions en el vidre, poden causar la fractura prematura del vidre amb valors de tensió significativament menors als esperats. Aquest debilitament del vidre es pot deure a diversos factors [1]:

- **Defectes superficials.** Esquerdes superficials a nivell macroscòpic originades durant la producció del vidre o bé per danys ocasionats en servei.
- **Defectes a les arestes** del vidre causats per una incorrecta manipulació o per un mal procediment de tall del vidre.

- **Inclusions en el vidre.** Les inclusions de sulfur de níquel són les responsables de la ruptura espontània dels vidres trempats; tanmateix, cal dir que les bombolles d'aire i altres inclusions poden causar també patrons de ruptura similars a la del sulfur de níquel.

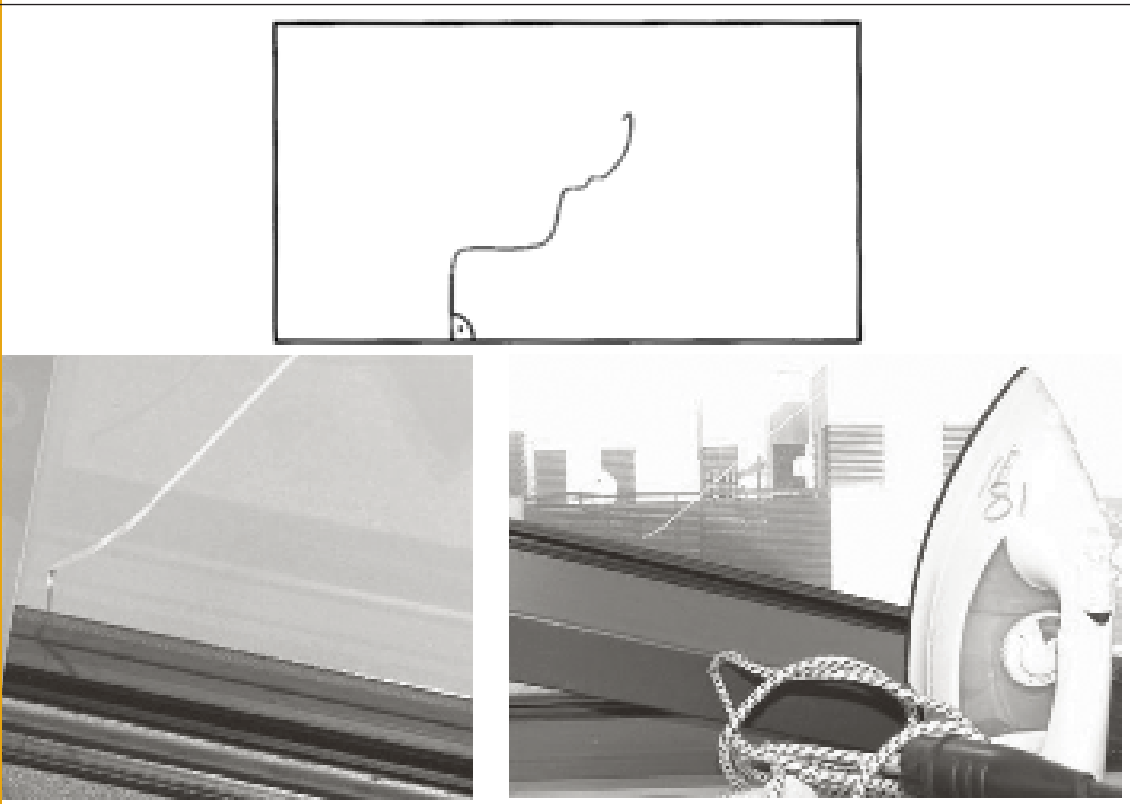
Per determinar el motiu de la fractura del vidre es porten a terme anàlisis qualitatives i quantitatives. Per poder realitzar l'anàlisi és important disposar del vidre trencat; a partir d'aquest és possible determinar qualitativament el motiu de la fractura mitjançant l'observació dels següents paràmetres [2]:

- **Origen de la fractura.** Ajuda a identificar si hi ha grans imperfeccions a la superfície del vidre, presència d'inclusions, zones amb gran concentració de tensió, evidències d'un mal disseny/muntatge o de vandalisme. Si l'origen de la fractura no és evident a simple vista,

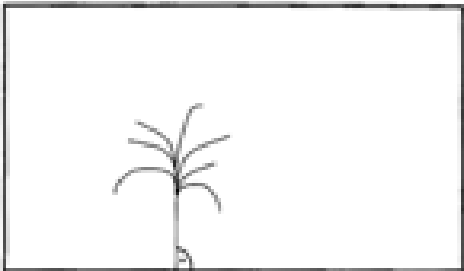
es pot determinar sabent que les ruptures es bifurquen sempre seguint la seva pròpia direcció de propagació, de manera que seguint les bifurcacions a la inversa s'arriba a l'origen de la fractura.

- **Patró de ruptura.** Indica el nivell de tensió i la causa de la fractura. El grau de fragmentació està relacionat amb el tipus de vidre, la tensió a l'instant de ruptura i l'energia transmesa al vidre per l'acció causant de la ruptura. Les següents taules descriuen i il·lustren els models de ruptura més interessants [5].
- **Característiques de la superfície.** Ajuden a confirmar o desmentir conclusions realitzades a partir de l'anàlisi dels punts anteriors. Per exemple, la presència d'una cavitat o depressió pròxima a l'origen de la fractura indica que la ruptura del vidre es deu a l'impacte d'un cos dur.


A) FRACTURA TÈRMICA NORMAL

Causes	Tensió tèrmica uniforme d'intensitat lleu-mitjana en vidre recuit. Pot ser deguda al fet que el vidre es troba parcialment cobert contra la radiació solar. Diferències tèrmiques en el vidre.
Procés	S'inicia amb una esquerda ortogonal al cantell del vidre. Apareix un canvi de direcció a la transició de la zona freda a la calenta. Acostuma a acabar en forma de V.
Imatge	

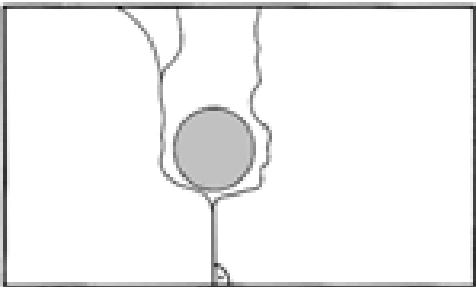
B) FRACTURA TÈRMICA EN FORMA DE PALMERA

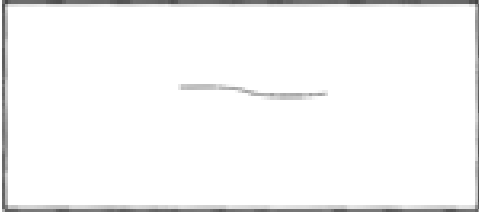
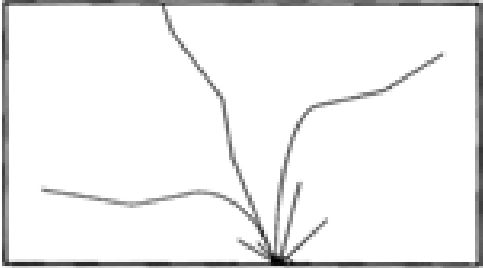
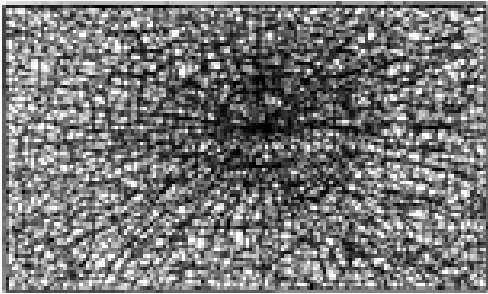
Causes	Tensió tèrmica, uniforme o puntual, de forta intensitat en el vidre recuit. Per exemple a causa de gradients tèrmics en el vidre ocasionats per una cobertura parcial enfront a la radiació solar, elevat escalfament de l'àrea perimetral originat per operacions de soldadura pròximes, etc.
Procés	Corba inicial ortogonal i propagació en forma de palmera a la zona de transició calent-fred. Terminacions en línia recta; terminacions en V molt poc freqüents.
Imatge	

C) FRACTURA PER TENSÍO TÈRMICA (I)

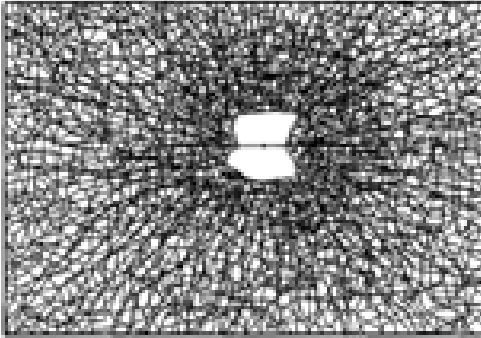
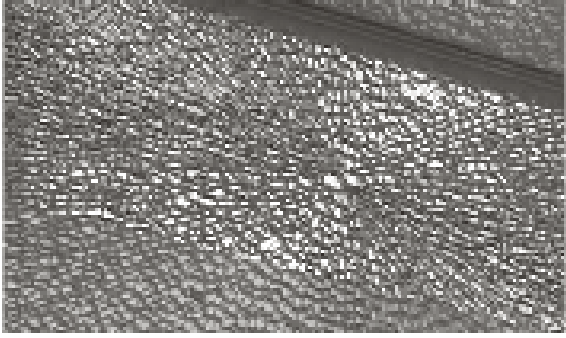
Causes	Tensió tèrmica uniforme d'intensitat mitjana-alta en vidre recuit. Possibles causes són: enfosquiment parcial del vidre per l'ús de venecianes, projecció d'ombres sobre el vidre, etc.
Procés	L'esquerda separa la zona freda de la zona calenta seguint una trajectòria ortogonal al punt de l'inici de ruptura.
Imatge	

D) FRACTURA PER TENSÍO TÈRMICA (II)

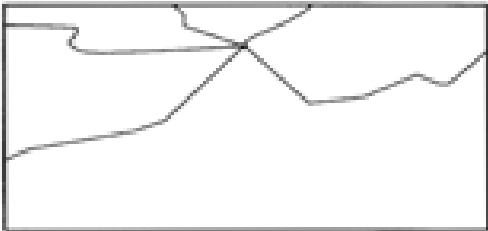
Causes	Tensió tèrmica uniforme d'intensitat mitjana o forta en vidre recuit. Es deu a la presència d'elements en contacte amb el vidre que causen una diferència tèrmica puntual a la superfície del vidre: per exemple la fulla d'una planta tocant el vidre.
Procés	Inici en línia recta i canvi de direcció a la zona freda-calenta amb possible aparició d'esquerdes. Habitualment apareixen fractures concoidals a la superfície.
Imatge	

E) FRACTURA EN FORMA DE CUC	
Causes	Tensió tèrmica puntual d'intensitat molt forta en vidre recuit de grans dimensions i gruix.
Procés	Té el seu inici al centre del vidre, no en el cantell. Es propaga en forma de cuc sense canvis de direcció importants.
Imatge	
F) FRACTURA PER IMPACTE EN EL CANTELL DEL VIDRE	
Causes	Tensió puntual mecànica: recolzament del vidre sobre peça metàl·lica, mala fixació de les abraçadores en el transport del vidre, etc.
Procés	Esquerdes inicials en totes direccions (no rectes). Aparició de fractures concoidals.
Imatge	
G) FRACTURA EN VIDRE TREMPAT	
Causes	Tensió d'intensitat mitjana-alta, per exemple provocada per impacte de pedra, impacte de bala, cop de martell o per l'ús de fixacions puntuals.
Procés	El punt d'inici de la fractura és fàcilment identificable: puntual amb fractures concoidals. Es forma una xarxa radial des de l'inici de la ruptura que s'estén per tota la superfície. Fractura en trossos petits.
Imatge	

H) FRACTURA ESPONTÀNIA (INCLUSIONS DE SULFUR DE NÍQUEL)

<p>Causas</p>	<p>Només es produeixen en vidres trempats. Amb un augment de temperatura les inclusions de sulfur de níquel poden augmentar de volum i provocar la ruptura del vidre. Aplicant el procediment Heast Soak Test es redueix un 95% la possibilitat que es desenvolupi aquest fenòmen.</p>	
<p>Procés</p>	<p>Apareix una forma de papallona al centre de la fractura (entre 1 i 4 cm). La ruptura és radial des del punt de l'inici i s'estén per tota la superfície del vidre. Es trenca en trossos petits. No s'aprecien fractures concoidals a l'origen de la fractura.</p>	
<p>Imatge</p>		

I) FRACTURA A L'ARESTA. VIDRE TERMOENDURIT

<p>Causas</p>	<p>Tensió puntual mecànica, per exemple per impacte amb eina.</p>	
<p>Procés</p>	<p>Corba inicial en totes direccions (no recta). Amb freqüència apareixen fractures concoidals en el centre de la fractura.</p>	
<p>Imatge</p>		

J) FRACTURA PER LES FIXACIONS DEL VIDRE

<p>Causas</p>	<p>Tensió mecànica puntual. Es deu a un mal disseny del sistema de fixació puntual del vidre o a un procediment de muntatge incorrecte.</p>	
<p>Procés</p>	<p>La fractura neix en la perforació que allotja la fixació.</p>	
<p>Imatge</p>		

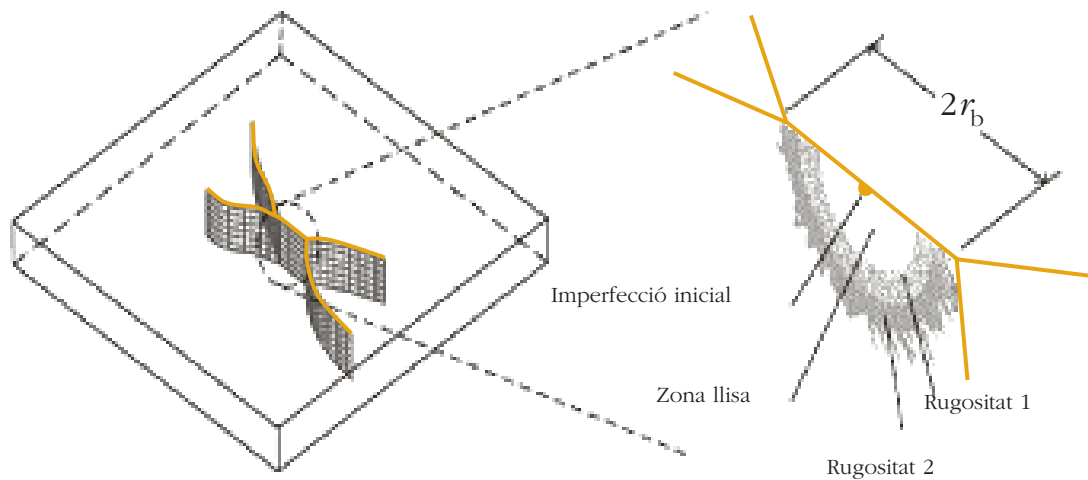


Figura 5. Representació esquemàtica de la longitud de la branca de l'esquerda.

Amb l'objectiu de contrastar els resultats obtinguts és preferible portar a terme una anàlisi quantitativa. La següent equació permet determinar de forma aproximada la tensió superficial del vidre en el moment immediatament anterior a la ruptura [2]:

$$\sigma_f - \sigma_{ar} = \alpha_b \cdot r_b^{-1/2}$$

On σ_f és la tensió de ruptura
 σ_{ar} és la tensió residual de compressió en la superfície
 α_b és una constant de valor $2.28 \text{MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ [3]
 r_b és la meitat de la longitud de la branca de l'esquerda (vegeu Figura 5)

Conclusions

Tot i l'elevada resistència mecànica teòrica que presenta el vidre gràcies a la irregularitat de la seva estructura molecular, a la pràctica la fractura del vidre es produeix amb valors de tensió molt inferiors als teòrics esperats. Això es deu al fet que el vidre, quan està sotmès a tracció, és un material molt sensible a les concentracions de tensió que s'originen a les imperfeccions presents a la seva superfície.

Per tal de millorar el comportament del vidre sota l'acció d'esforços de tracció es poden aplicar tractaments tèrmics, que indueixen una precompressió a la superfície del vidre, de manera que es tanquen les microesquerdes que hi són presents. La gran dependència que presenta la resistència del vidre a la presència d'imperfeccions a la seva

superfície fa que els codis normatius prescriguin grans factors de seguretat per al càlcul d'elements de vidre.

Mitjançant anàlisis qualitatives i quantitatives és possible determinar el motiu de la fractura d'un vidre i conseqüentment decidir si la resta de vidres que integren l'estructura, així com l'estabilitat de l'edificació, suposen o no un risc. El coneixement dels patrons de fractura i l'observació de l'entorn del vidre són fonamentals per determinar la causa de la fractura.

Referències

- [1] M. HALDIMANN *et al.* (2008). *Structural Use of Glass*.
- [2] The Institution of Structural Engineers (1999). *Structural use of glass in buildings*.
- [3] M. OVEREND *et al.* (2007). "Diagnostic Interpretation of Glass failure", a *Journal of the International Association for Bridge and Structural Engineering (IABSE)*, Volum 17, número 2.
- [4] K. ZAMMIT *et al.* (2009). "Increasing the design strength of glass - fractography and stress testing". Publicat en *Proceedings of the International Association for Shell and Spatial Structures (IASS) Symposium 2009*.
- [5] E. WAGNER (2002). *Glasschäden. Oberflächenbeschädigungen Glasbrüche in Theorie und Praxis*.

Jordi Vilà Alsina

Enginyer industrial

Canvi climàtic instantani

Joan M. Pau Negre

Il·luminat i la Càndida tenien per sobrenom “la càlida parella”. Això de càlida era per mofa del seu estil de vida, contrari a la calefacció domèstica.

El xicot, naturista convençut, semblant a un prehistòric transportat en el temps, anava vestit pràcticament igual tot l'any: enlloc d'una pell calçava uns texans prou llargs per no ensenyar el cul i prou curts per ensenyar els calçotets pel cuixal. Una samarreta imperi descolorida i unes sandàlies de carmelita completaven la mínima vestimenta. Una llarga cabellera llisa arrodonia la seva fatxa de salvatgí civilitzat.

I així d'aquesta faisó es mostrava quasi tot l'any. Només en dies molt freds en què la tramuntana fa estralls, el nostre personatge es posava uns pantalons texans llargs però molt estripats, per no marcar massa diferències, i una caçadora de pell sintètica de quarta mà. Muntava una bicicleta rovellada i els gossos el bordaven quan passava. Ella era una noia senzilla i modesta, molt menys radical i completament submissa per l'amor que l'encegava.

El seu niu, cavorca o llar era una casa vella de dues plantes amb celler a baix i estada a dalt. Era dels seus avis i quasi no havia canviat amb els anys. Les parets eren de pedra, amb gruixos a prova de climatologia adversa, però les portes i finestres badaven un pam. Així que, normalment, el balcó i la porta d'entrada els deixaven oberts. Tenia un aspecte tan poc acollidor que un possible lladre hauria passat de llarg.

La Càndida bé prou que es queixava que no era una casa gaire encisadora i li hauria agradat tenir estors i cortines, però tot era superflu i burgès als ulls del seu home.

Tot el que menjaven havia de ser del dia o conservat al celler amb els mitjans més tradicionals, que vol dir frescor i aire. D'això no els en faltava. Tampoc tenien aigua calenta i la seva toaleta era de caire espartà.

Sempre se'ls veia junts i contents: el fred fa fer ganyotes semblants a somriures. Anaven ben junts per donar-se escalf.

La calor animal era prou coneguda pels nostres avantpassats i la tebior dels estables l'agraïen a les plantes pis on vivien. Però la nostra parella no tenia bestiar a la quadra, només la bicicleta n'ocupava l'espai i no aportava cap benefici calorífic. Un hivern va ser més rigorós que de costum i la parella va fabricar-se una piràmide de plàstic



(Foto: Joan M. Pau).

amb bosses comercials reciclades per aixoplugar el llit, l'espai que universalment acostuma a ser més tebi. La parella va notar una gran millora ambiental i parlava del seu iglú. Sense televisió, passaven llargues vetllades al tàlem.

La primavera i la tardor, amb vents si no més moderats, menys glaçats, el dia a dia era més suportable. I l'estiu tot havia de ser glòria. En aquestes cases velles la calor no hi entra, diuen. En tot cas sota teulada tampoc s'hi estava bé i baixaven a dormir al celler.

Realment la seva salut era de ferro i el seu estil de vida, barat. Sense despesa de calefacció ni d'aire condicionat, sense consum energètic per aigua sanitària, devien fer un bon racó econòmic. La muller insinuava sense èxit que amb el que havien estalviat amb la seva vida austera podrien comprar un piset modern. Tot era no i no per part de l'Il·luminat.

Un altre hivern encara més dur, la muller, arronsadeta de fred, va sospirar:

–La meva mare té una estufa elèctrica que li sobra. Si volguessis la podríem tenir a casa i la seva tebior seria almenys com la d'un braser, i de brasers sí que en tenien els teus avis.

El marit, no gaire convençut, va acceptar amb la condició que només l'encendrien una estona abans d'anar a dormir.

Dit i fet. A la Càndida se li escalfà el cor i se sentia la dona més feliç del món.

–Amor meu, ara sí que casa nostra és una casa, apropiada per a algun fill que pugui venir.

L'Il·luminat digué: Si l'estufa vol dir que et quedis embarassada, apaga l'estufa i anem-nos-en. Un fill és massa car: menja i necessita roba.

–Tu no gastes gaire roba i no és precisament de marca.

Aquella nit feia una temperatura sota zero. Encengueren l'estufa.

Al matí següent estaven tots dos terriblement refredats amb un començament de pulmonia. Gastaren en medecines l'estalvi d'un any en calefacció.

Les conseqüències d'un canvi climàtic són imprevisibles.

Joan M. Pau i Negre

Aparellador

Professional BS

BS Pòlissa de Crèdit Professional

OFERTA PER A:



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

B

«Tinc un crèdit que està
sempre disponible»

BS Pòlissa de Crèdit Professional es renova automàticament i li permet equilibrar la seva economia particular tot l'any, sempre que ho necessiti i sense haver de pagar despeses, perquè **només pagarà interessos per la quantitat utilitzada i durant el temps dispostat.**

- 0 euros de comissió d'estudi
- 0 euros de comissió per no-disposició
- 0 euros de comissió per cancel·lació anticipada
- Comissió d'obertura i de revisió anual (50 euros)

Ara, a més a més, només pel fet de fer-se client, aconseguirà **un regal ben pràctic.**



Mòbil OS
de 8 GB*

Informa's sobre Professional BS a les nostres oficines, al **902 383 666** o directament a professionalbs.es.

NOMÉS PER A PROFESSIONALS

* En cas que s'acabessin els exemplars regals, es substituirà per un altre del mateix valor o superior.

Sabadell Atlántico

BS

exposicions

Sala d'exposicions La Punxa

- ISABEL GARRIGA, pintures

Artista: Isabel Garriga

Inauguració: dijous 2 de juny, a les 8 del vespre

Durada: del 2 al 25 de setembre de 2010

- M. TERESA CAPETA, escultures

Artista: M. Teresa Capeta

Inauguració: divendres 15 d'octubre, a les 8 del vespre

Durada: del 15 d'octubre al 6 de novembre de 2010

Sala d'exposicions de l'oficina col·legial de Palamós

- Exposició del fons d'art del Col·legi

Artista: Diversos artistes

Inauguració: dissabte 19 de juny, a les 8 del vespre

Durada: del 19 de juny a l'11 de setembre de 2010

actes diversos

ASSEMBLEES

El dia 17 de juny de 2010 es va celebrar, a la sala d'actes de la seu del Col·legi, l'Assemblea Territorial de Mutualistes de PRE-MAAT, en la qual es van debatre els punts de l'ordre del dia de l'Assemblea General Ordinària de PREMAAT prevista per al 25



Exposició d'escultures de M. Teresa Capeta.



Assemblea del dia 16 de desembre de 2010.

de juny a Madrid, i es va escollir el mutualista Joan Marquès per representar el Col·legi de Girona en l'esmentada assemblea.

El dia 16 de setembre de 2010 es va celebrar l'Assemblea General Extraordinària de col·legiats i col·legiades en la qual es va aprovar la modificació de la normativa de visat arran de la publicació, el 2 d'agost, del Decret 1000/2010 que regula el visat obligatori i entra en vigor l'1 d'octubre.

El dijous 16 de desembre de 2010 es va portar a terme l'Assemblea General Ordinària de col·legiats i col·legiades en què es van fixar les quotes i aportacions dels col·legiats i col·legiades per a l'any 2011 i es va nomenar la comissió econòmica per a la liquidació de l'exercici 2010. Es va aprovar també el pressupost per a l'any 2011, que recull la previsió d'afectació de l'entrada en vigor del RD 1000/2010 del

visat obligatori, així com noves mesures de contenció de la despesa per tal de poder equilibrar el pressupost col·legial.

SORTIDA DE MUNTANYA AL PUIGMAL

El dia 5 de juny, a dos quarts de set del matí, va sortir l'expedició cap a Ribes de Freser i Queralbs, des d'on, a través d'una pista forestal, es va anar fins a la collada de Fontalba. Tot seguit, camí de pujada d'unes 3 hores fins al Puigmal, per continuar la baixada fins a Núria, on es va dinar i visitar el santuari, per acabar fent la tornada a la inversa.

XIX JORNADA JURÍDICA

L'11 de novembre, a la sala d'actes de La Punxa, es va portar a terme la 19a edició de la Jornada Jurídica. Cada any els

temes que s'hi exposen despertaren l'interès d'un bon nombre de companys i companyes.

“Compatibilitat o incompatibilitat entre l'article 1591 del Codi Civil i la Llei d'ordenació de l'edificació. Individualització de responsabilitats davant les responsabilitats solidàries de l'article 1591 del Codi Civil”, a càrrec del magistrat José Isidro Rey Huidobro.

“Prescripció de les accions de la Llei d'ordenació de l'edificació. Criteris d'aplicació per danys segons els diferents termes de prescripció de l'article 17 de la LOE. Inici del còmput de prescripció i de les accions de repetició. Càrrega de la prova en les accions de repetició”, a càrrec del magistrat Joaquín Miguel Fernández Font.

“Els delictes relatius a l'ordenació del territori i medi ambient en la reforma del codi penal. Balanç de la seva aplicació i conseqüències de la reforma”, a càrrec del magistrat Fernando Lacaba Sánchez.

PRESENTACIÓ DE L'ESTADÍSTICA D'HABITATGES

El dia 13 de gener es van presentar als mitjans de comunicació les dades d'habitatges contractats i acabats segons les dades extretes dels treballs visats. El president, Ernest Oliveras, va destacar que per tercer any consecutiu les dades tornen a ser negatives i que segueixen afectades per un important volum de treballs visats amb anterioritat que ara s'anul·len.



Trobada de Junta de Govern a la Garrotxa.

TROBADES DE LA JUNTA DE GOVERN AMB ELS COMPANYS DE CADA COMARCA

L'últim quadrimestre de l'any, la Junta de Govern manté reunions amb els col·legiats i col·legiades de cada comarca per tal d'informar-los i comentar de primera mà les últimes novetats i afers importants relacionats amb la professió. Les trobades es van dur a terme en els següents llocs i dates:

El 20 de setembre amb els companys de la Cerdanya; el 4 d'octubre, a la Seu de La Punxa, amb els companys del Gironès i del Pla de l'Estany; el 25 d'octubre amb el companys de la Selva, a l'oficina col·legial de Lloret de Mar; el 4 de novembre, a l'oficina d'Olot, amb els companys de la Garrotxa i el Ripollès; el 15 de novembre amb els companys

del Baix Empordà i el 29 de novembre, amb el companys de l'Alt Empordà, a l'oficina col·legial de Vilamalla.

CONCURS DE NADALES

El dia 21 de desembre es va portar a terme una jornada na-

dalenca per felicitar i premiar tots els participants en el concurs de nades del Col·legi. El jurat va donar dos guanyadors, els dibuixos dels quals van servir per il·lustrar la felicitació del Col·legi. L'acte va estar animat pel grup Tot S'hi Val.



Jornada nadalenca.

CURSOS TEMÀTICS

- **2010-07 Valoracions immobiliàries**

Professors: Pilar Garcia Almirall, Guillermo Esteban García, Jordi Duatis Puigdollers, Carlos Marmolejo Duarte, Jordi Bernat Falomir

Dates: 13, 20 i 27 d'abril i 4, 11, 18 i 25 de maig i 1 de juny de 2010

Lloc: Auditori Joan M. Gelada del CECAM de Celrà

Durada: 32 hores

- **2010-08 CTE DB-HE estalvi d'energia**

Ponents: Josep Masbernat, Antoni Márquez, Aleix Boada, David Reverter, Xavier Palomé, Manel Aguilera

Dates: 6, 13, 20 i 27 de maig i 3 de juny de 2010

Lloc: Auditori Joan M. Gelada del CECAM de Celrà

Durada: 15 hores

- **2010-10 Execució i control d'urbanitzacions**

Professors: David Freixes, Xavier Ballell, Josep Valero, Francesc Mejias, Joan Arimany, Lluís Rodríguez, Domingo Losada

Dates: 21 i 28 de setembre, 5 i 19 d'octubre, 2, 9, 16 i 23 de novembre de 2010

Lloc: Auditori Joan M. Gelada del CECAM de Celrà

Durada: 24 hores

- **2010-11 Control de qualitat i AparTot**

Professors: Anna Ferrer Robert, Gemma Soler Pujol, Joaquim Romans i Ramió, Adolf Cabañas Egaña, Amadeu Escriu Giró

Dates: 22 i 29 de setembre, 6 i 20 d'octubre i 3 de novembre de 2010

Lloc: Auditori Joan M. Gelada del CECAM de Celrà

Durada: 15 hores

- **2010-13 Eficiència energètica en els edificis**

Professors: Antoni Márquez i David Marés

Dates: 22 d'octubre i 5, 12, 19 i 26 de novembre de 2010

Lloc: Auditori Joan M. Gelada del CECAM de Celrà

Durada: 15 hores

- **2010-14 Codi tècnic de l'edificació 1a sessió**

Professors: Miquel Mateus Gorgues, Joaquim Vilardell Coderch

Data: 10 de novembre de 2010

Lloc: Auditori Joan M. Gelada del CECAM de Celrà

Durada: 4 hores

- **2010-14 Codi tècnic de l'edificació 2a sessió**

Professors: Joan Llorens Sulivera, Antoni Blázquez Boya

Data: 17 de novembre de 2010

Lloc: Auditori Joan M. Gelada del CECAM de Celrà

Durada: 4 hores

- **2010-14 Codi tècnic de l'edificació 3a sessió**

Professors: Ignasi Capellà Solà, Miquel Llorens Sulivera

Data: 24 de novembre de 2010

Lloc: Auditori Joan M. Gelada del CECAM de Celrà

Durada: 4 hores

- **2010-14 Codi tècnic de l'edificació 4a sessió**

Professors: Eduard Bonmatí Lladó, Ramon Ceide Gómez

Data: 1 de desembre de 2010

Lloc: Auditori Joan M. Gelada del CECAM de Celrà

Durada: 4 hores



Curs de Codi tècnic de l'edificació.

• **2010-14 Codi tècnic de l'edificació 5a sessió**

Professor: David Codinach

Data: 15 de desembre de 2010

Lloc: Auditori Joan M. Gelada del CECAM de Celrà

Durada: 2 hores

• **2010-14 Codi tècnic de l'edificació 6a sessió**

Professors: Aleix Boada, David Codinach

Data: 22 de desembre de 2010

Lloc: Auditori Joan M. Gelada del CECAM de Celrà

Durada: 4 hores

• **2010-15 Projectes de parcel·lacions i divisions horitzontals**

Professors: Jaume Torrent Genís, Josep Ma. Martínez Palmer

Dates: 13 i 20 de desembre de 2010

Lloc: Auditori Joan M. Gelada del CECAM de Celrà

Durada: 4 hores

• **2010-14 Codi tècnic de l'edificació 5a sessió bis**

Professor: Antoni Márquez Briones

Data: 12 de gener de 2011

Lloc: Auditori Joan M. Gelada del CECAM de Celrà

Durada: 2 hores

• **2011-01 Introducció als dictàmens pericials**

Professors: Fernando Lacaba Sánchez, Narcís Sureda Daunis

Dates: 17 i 24 de gener de 2011

Lloc: Auditori Joan M. Gelada del CECAM de Celrà

Durada: 6 hores

• **2011-02 Desconstrucció i reciclatge de residus**

Professors: Antoni Bramon Serra, Jesús Bassols Geli, Salvador Amat Batlle

Dates: 2, 9, 16 i 23 de febrer de 2011

Lloc: Auditori Joan M. Gelada del CECAM de Celrà i visita a les instal·lacions Germans Cañet-Xirgu, SL de Cassà de la Selva

Durada: 10 hores

CURSOS INSTRUMENTALS

• **2010-21 Presto (versió 10)**

Professora: Ester Gifra Bassó

Dates: 17 i 24 de setembre, 1, 8 i 15 d'octubre de 2010

Lloc: CCI

Durada: 15 hores

• **2010-22 Seminari: dibuix ràpid 3D amb Sketchup**

Professor: Eudald Rico Planas

Data: 8 de novembre de 2010

Lloc: CCI

Durada: 4 hores

• **2010-23 Seminari: topografia amb el programa Toposis**

Professor: Eudald Rico Planas

Data: 12 de novembre de 2010

Lloc: CCI

Durada: 4 hores

• **2010-24 Pràctiques: control de qualitat amb AparTot**

Grup A

Professor: Amadeu Escriu Giró

Dates: 15, 22 i 29 de novembre de 2010

Lloc: CCI

Durada: 9 hores



Curs d'imatges Photoshop.

Grup B

Professor: Amadeu Escriu Giró

Dates: 16, 23 i 30 de novembre de 2010

Lloc: CCI

Durada: 9 hores

- **2010-25 Lider i Calender**

Professor: Antoni Márquez Briones

Dates: 3, 13, 20 i 23 de desembre de 2010

Lloc: CCI

Durada: 10 hores

- **2011-14 Tractament d'imatges: Photoshop**

Professora: Paula Vaquero Barnadas

Dates: 20 i 27 de gener i 3, 10, 17 i 24 de febrer de 2011

Lloc: CCI

Durada: 12 hores

- **2011-15 Seminari: creació fàcil de dibuixos 3D amb Autocad**

Professor: Eudald Rico Planas

Dates: 31 de gener de 2011

Lloc: CCI

Durada: 4 hores

sessions informatives

- **2010-31 Energia geotèrmica**

Ponents: Francesc Coll de Terundar, Albert Pujades, cap d'Àrea de Geotècnia del CECAM

Data: 19 de maig de 2010

Lloc: Auditori Joan M. Gelada del CECAM de Celrà

- **2010-41 Mòdul de gestió medioambiental del TCQ2000 d'ITeC**

Ponents: Tècnics d'ITeC

Data: 31 de maig de 2010

Lloc: Sala d'actes de la Punxa

- **2010-42 Construcció sostenible, veritats i mentides**

Ponent: Jordi Piquero Benages

Data: 16 de juny de 2010

Lloc: Auditori Joan M. Gelada del CECAM de Celrà

- **2010-43 Control de qualitat amb marca CE**

Ponent: Anna Ferrer Robert

Data: 27 d'octubre de 2010

Lloc: Auditori Joan M. Gelada del CECAM de Celrà

- **2010-37 Jornada jurídica**

Data: 11 de novembre de 2010

Lloc: Sala d'actes de La Punxa

- **2010-44 Llei 20/2009 de control ambiental de les activitats**

Ponent: Ricard Danés Ribalta

Data: 18 de novembre de 2010

Lloc: Auditori Joan M. Gelada del CECAM de Celrà

- **Presentació del Decret de la inspecció tècnica d'edificis**

Ponent: Carlos Salvador López

Data: 15 de febrer de 2011

Lloc: Auditori Narcís Carreras de La Caixa a Girona

- **Manejament Estacio Total Trimble M 3**

Professor: Amadeu Escriu i Giró
Lloc: Cecam de Celrà

Durada: 3 hores

2010-33 Data: 2 de juny de 2010

2010-36 Data: 13 d'octubre de 2010

2010-38 Data: 14 de desembre de 2010

2011-23 Data: 25 de febrer de 2011

• **Manejament Estació Total Trimble ZEISS 5600**

Professor: Amadeu Escriu i Giró

Lloc: Cecam de Celrà

Durada: 3 hores

2010-32 Data: 26 de maig de 2010

2010-35 Data: 27 de setembre de 2010

2010-35 Data: 27 de setembre de 2010

2011-22 Data: 25 de gener de 2011

• **2010-39 Productes a la construcció**

ETICS Sistema d'aïllament tèrmic de façanes per l'exterior

Empresa: IBERMAPEI

Data: 10 de febrer de 2010

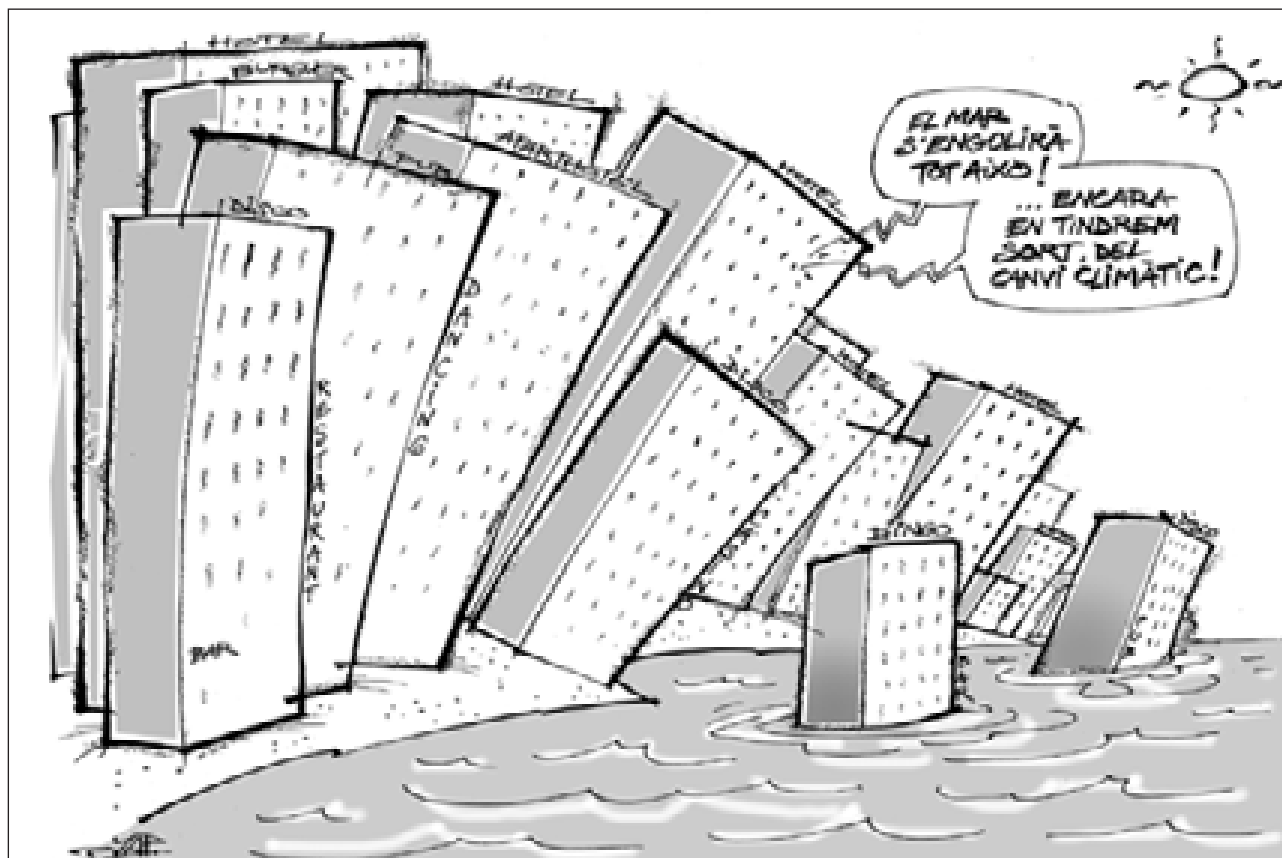
Lloc: Sala d'actes de La Punxa

REHABILITACIÓ I SOSTENIBILITAT

Empresa: URSA

Data: 14 de desembre de 2010

Lloc: Sala d'actes de La Punxa



EDIFICACIÓ

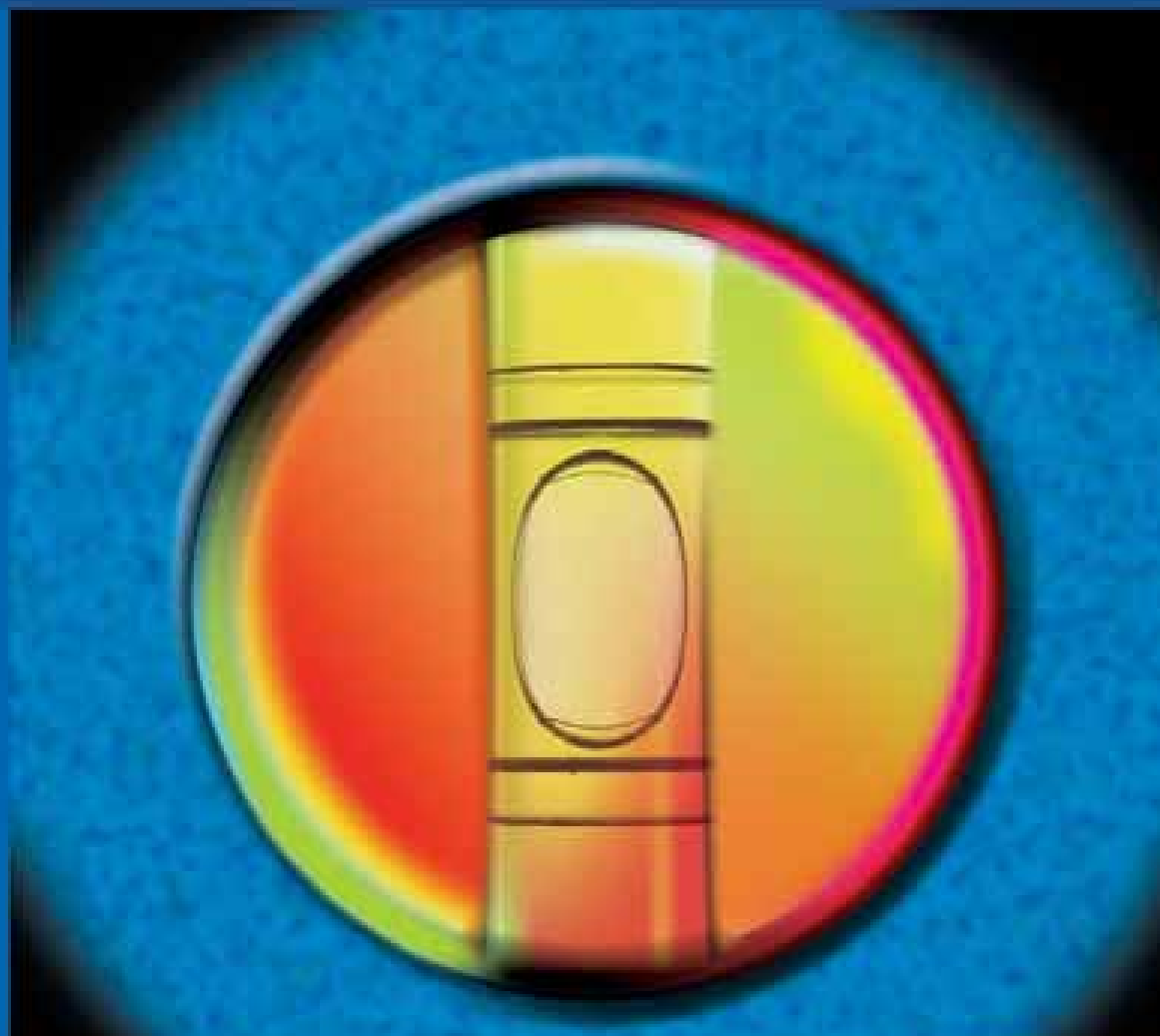
GEOTÈCNIA

MEDI AMBIENT

OBRA CIVIL

QUÍMICA

EAC
Entitat ambiental
de control



LA QUALITAT A NIVELL

► El CECAM, Centre d'Estudis de la Construcció i Anàlisi de Materials, SLU assoleix més de 30 anys dedicats a la qualitat de la construcció i al medi ambient. La constància, l'alt nivell tecnològic, la fiabilitat i la imparcialitat l'han convertit en el centre de referència de les comarques gironines:

cecama 

centre d'estudis de la construcció
i anàlisi de materials, slú

Pol. Industrial - C. Pirineus / 17460 CELRÀ / T 972 492 014 / F 972 494 117 / celra@cecama.com / Celrà
Ctra. antiga de Vidreres, sector Ind. Q, nau 8-18 / 17310 LLÒRET DE MAR / T 972 371 223 / F 972 371 015 / llores@cecama.com / Lloret de Mar
Pol. Industrial Port del Príncep, sector L, parc. 28 / 17469 VILAMALLA / T 972 526 139 / F 972 526 140 / vilamalla@cecama.com / Vilamalla
Urb. Pla de Baix II - Av. d'Europa / 17800 ÒLOT / T 972 260 071 / F 972 261 247 / olot@cecama.com / Olot

ACCREDITACIONS

CONSTRUCCIÓ

 Generalitat de Catalunya
Departament de Política Territorial
i Obres Públiques
Direcció General d'Innovació, Ordenació
Espacial i Habitatge

MEDI AMBIENT

 Generalitat de Catalunya
Departament de Medi Ambient i Heritagege
Agència Catalana de l'Aigua

 Generalitat de Catalunya
Departament de Medi Ambient i Heritagege
Agència Catalana de l'Aigua

 Generalitat de Catalunya
Departament de Medi Ambient i Heritagege
Direcció General de Qualitat Ambiental

AGRICULTURA

 Generalitat de Catalunya
Departament d'Agricultura,
Pesca i Pesca
Direcció General de Pesca i
Indústries Agroalimentàries

SAIG

 Generalitat de Catalunya
Departament de Salut i
Seguretat Social
Direcció General de Salut Pública


ENAC
Entitat Nacional de Acreditació

www.cecama.com

freeminds

Strain
engineering

ENGINYERIA PER A L'ARQUITECTURA



STRAIN ENGINEERING SL
www.strain.es

tel. +(34) 972 22 51 79
fax. +(34) 972 22 64 30

Parc Científic i Tecnològic de la UdG, Edifici Giroemprèn
C/ Pic de Peguera, Planta 2a núm. 19 B2, 17003 Girona