

Enginyeria civil i enginyeria de la construcció

Report preparat per Joan Ramon Casas

SUMARI

Abreviacions	655
Resum	657
Prefaci	658
1. Introducció	659
2. Descripció de l'àmbit	662
3. Finançament de la recerca	666
4. Recursos	669
5. Resultats científics i de transferència de tecnologia	674
6. Conclusions i recomanacions	693
Bibliografia	696

ABREVIACIONS

€	euro	GRC	grup de recerca consolidat
ASS	associat/ada	IC	Imperial College
CEDEX	Centre d'Estudis i Experimentació d'Obres Públiques	ICC	Institut Cartogràfic de Catalunya
CEINTEC	Centre d'Innovació de Tecnologia d'Estructures i Construcció	ICEC	Institut Català d'Enginyeria Civil
CENIT	Centre d'Innovació del Transport	IEC	Institut d'Estudis Catalans
CEU	catedràtic/a d'escola universitària	IGSOC	International Graduate School of Catalonia
CICYT	Comissió Interministerial de la Ciència i la Tecnologia	IIC	Institut Ildefons Cerdà
CIIRC	Centre Internacional d'Investigació en Recursos Costaners	INE	Institut Nacional d'Estadística
CIMNE	Centre Internacional de Mètodes Numèrics en Enginyeria	ISI	Institute for Scientific Information
CIRIT	Comissió Interdepartamental de Recerca i Innovació Tecnològica	ITEC	Institut de Tecnologia de la Construcció
CPSV	Centre de Política del Sòl i Valoracions	ITGE	Institut Tecnològic d'Edificació de Catalunya
CSIC	Consell Superior d'Investigacions Científiques	ITS	sistema de transport intel·ligent
CTT	Centre de Transferència de Tecnologia	JCR	<i>Journal Citation Report</i>
CU	catedràtic/a d'universitat	KTH	Reial Institut de Tecnologia de Suècia
CUR	Comissionat per a Universitats i Recerca	LaCàN	Laboratori de Càlcul Numèric
Delft	Universitat de Tecnologia de Delft	LAMOT	Laboratori d'Anàlisi i Modelització del Transport
DGICYT	Direcció General d'Investigació de la Ciència i la Tecnologia	LGAIN	Laboratori General d'Assaigs i Investigacions
DOGC	<i>Diari Oficial de la Generalitat de Catalunya</i>	LIM	Laboratori d'Enginyeria Marítima
DURSI	Departament d'Universitats, Recerca i Societat de la Informació	LOE	Llei d'ordenació de l'edificació
EDP	equivalent a dedicació plena	M€	milió d'euros
ENPC	Escola Nacional de Ponts i Camins de París	MCT	Ministeri de Ciència i Tecnologia
ETH	Institut Federal Suís de Tecnologia	MEC	Ministeri d'Educació i Ciència
ETSECCPB	Escola Tècnica Superior d'Enginyers de Camins, Canals i Ports de Barcelona	Milà	Universitat Politècnica de Milà
FCIHS	Fundació Centre Internacional d'Hidrologia Subterrània	PAC	personal acadèmic
FI	factor d'impacte	PAR	punt d'activitat de recerca
FI	formació d'investigadors	PAS	personal administratiu i de serveis
FPI	formació de personal investigador	PATT	punt d'activitat de transferència de tecnologia
FPU	formació de personal universitari	PIB	producte interior brut
GPS	sistema de posicionament global	PIME	petita i mitjana empresa
GRAHI	Grup de Recerca Aplicada en Hidrometeorologia	PM	programa marc
		PTEU	professor/a titular d'escola universitària
		PTU	professor/a titular d'universitat
		R+D	recerca i desenvolupament
		R+D+I	recerca, desenvolupament i innovació
		SCI	<i>Science Citation Index</i>
		SEOPAN	Servei d'Empreses d'Obres Públiques d'Àmbit Nacional
		SIG	sistema d'informació geogràfica
		TC	temps complet
		TIC	tecnologies de la informació i les comunicacions

TP	temps parcial	UE	Unió Europea
TUB	Universitat Tècnica de Berlín	UFK	Universitat de Karlsruhe
TUDAR	Universitat Politècnica de Darmstadt	UIC	Universitat Internacional de Catalunya
TUDEN	Universitat Politècnica de Dinamarca	UPC	Universitat Politècnica de Catalunya
UAB	Universitat Autònoma de Barcelona	UPF	Universitat Pompeu Fabra
UB	Universitat de Barcelona	UPM	Universitat Politècnica de Madrid
UdG	Universitat de Girona	UPV	Universitat Politècnica de València
UdL	Universitat de Lleida	URL	Universitat Ramon Llull

RESUM

L'objectiu d'aquest report és presentar l'estat actual de la recerca i la transferència de tecnologia en l'àmbit de l'enginyeria civil i l'enginyeria de la construcció a Catalunya, valorar el suport que s'hi dona des dels estaments públics català, espanyol i europeu i indicar els resultats més importants amb una sèrie d'indicadors quantitativament el màxim d'objectivables. El període d'estudi és el de 1996-2002 i es pretén que la informació recollida presenti una línia de continuïtat en relació amb l'anterior report de recerca (1992-1998).

Tot i la importància del sector en l'economia (16,7 % del producte interior brut [PIB] l'any 2002), els percentatges d'esforç en recerca i desenvolupament (R+D) del sector són molt baixos, a l'entorn d'un 0,11 % a Catalunya i del 0,12 % a l'Estat espanyol. A Europa el valor és de l'1 %. En el període 1996-2002, la quantitat total de recursos destinats a R+D a Catalunya, bàsicament en recerca pública, ha estat de 106 milions d'euros. La distribució relativa d'aquests recursos és del 20 % en projectes europeus, del 20 % en projectes estatals, del 20 % en beques i ajuts autonòmics i del 40 % en convenis de transferència amb empreses. Només un 12 % dels projectes de R+D es desenvolupen a les empreses.

A més, es tracta d'un sector que dona més importància a la innovació que a la recerca i al desenvolupament, amb el que això comporta de perill per al desenvolupament tecnològic del sector a llarg termini. A Catalunya, la relació entre despeses d'innovació i les dedicades a R+D és de 5.

Tot i l'escassetat de recursos en activitats de R+D que s'hi dediquen, els resultats d'aquest estudi indiquen una alta productivitat, tant en quantitat com en qualitat, dels investigadors de l'àmbit a Catalunya, en comparació tant amb la resta de l'Estat com amb altres països europeus

Es tracta d'un sector que no ha estat ni és prioritari pel que fa als recursos destinats a recerca per les administracions públiques. Així ho posen de manifest les convocatòries tant del V

com del VI Programa Marc Europeu, del IV Programa de Recerca, Desenvolupament i Innovació (R+D+I) a Espanya i del Pla de Recerca de Catalunya. De totes maneres, s'ha de valorar com a molt positiu el fet que en el V Programa Marc de R+D en l'àmbit espanyol, s'hagi creat un programa sectorial de recerca en construcció. Tot i així, els recursos obtinguts per l'àmbit a Catalunya en el IV Programa Marc Europeu representen el 3,8 % del total i el 5,1 % pel que fa al V Programa Marc. Aquests percentatges són altament significatius si tenim en compte que els recursos humans de l'àmbit representen un 2,2 % del total català.

La contribució de Catalunya pel que fa a les publicacions d'articles en les revistes de més reconegut prestigi internacional en les àrees de l'enginyeria civil i de la construcció és del 9 ‰ del total mundial, i oscil·la entre el 5,3 ‰ a l'enginyeria marítima i ambiental, i l'11 ‰ a l'enginyeria de la construcció i computacional. A escala europea, Barcelona ocupa el tercer lloc, només superada per Londres i Delft. Pel que fa a les universitats tecnològiques més importants a Europa, la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) també se situa en la tercera posició i és capdavantera en enginyeria de la construcció i computació, amb un 9,5 ‰ dels articles en les revistes més prestigioses.

El percentatge de professors amb algun sexenni de productivitat reconegut en l'àmbit de l'enginyeria civil dintre de la UPC és del 72 %, un 19 % superior a la mitjana de la universitat. El nombre de sexennis reals respecte dels potencials és del 85 %, el més alt de tots els àmbits de la UPC.

L'estudi posa de manifest que la recerca es fa a través de nombrosos grups de recerca, de dimensions reduïdes, amb una certa dispersió de resultats i sense un plantejament clar i comú de la importància que aquesta recerca té per a la societat catalana. Es troba a faltar, doncs, un centre de referència a Catalunya que coordini les activitats de recerca i desenvolupament del sector, en transmeti els resultats a la societat i doni una imatge de grup i amb plenes garanties de ser escoltat pel col·lectiu.

PREFACI

El sector de la construcció és un dels sectors més importants en l'economia dels països europeus, i en particular a Espanya i Catalunya. Les xifres de l'any 2002 indiquen que les inversions d'aquest sector a Espanya representen un 16,7 % del PIB i dóna feina gairebé a dos milions de persones, la qual cosa representa quasi un 12 % de la població total ocupada.

Tot i tractar-se d'un sector molt important en l'economia del país, els recursos que es destinen a la recerca tant a Catalunya com a Espanya segueixen sent molt reduïts, aproximadament d'un 0,1 % del PIB que genera el sector, és a dir, deu vegades per sota de la mitjana que s'inverteix globalment a Espanya en recerca i desenvolupament, i molt més encara si ho comparem amb la inversió percentual a Europa. Aquesta és una constant que s'ha repetit des de sempre i no sembla que tingui tendència a canviar, almenys en un futur proper.

Tot i el poc esforç inversor en recerca en el sector, els centres de recerca i universitaris a Catalunya es mostren particularment actius i productius i generen una activitat de recerca molt important, tant des del punt de vista quantitatiu com qualitatiu, tal com es posa de manifest en aquest report. En particular, els indicadors de recerca d'excel·lència, com són el nombre d'arti-

cles publicats en revistes de reconegut prestigi internacional (indexades en el *Journal Citation Report* [JCR]) i el nombre de sexennis de recerca i projectes europeus aconseguits pels investigadors de l'àmbit, són extraordinàriament positius si els comparem no solament en l'àmbit català i espanyol, sinó també en l'àmbit europeu.

El present document dóna continuïtat al primer que per encàrrec de l'Institut d'Estudis Catalans (IEC) va coordinar Antonio Aguado i mostra l'evolució dels paràmetres de recerca del sector en el període 1996-2002.

Per a la realització d'aquest report ha estat necessària la col·laboració de diverses persones, a les quals volem expressar el nostre agraïment. Entre elles, Antonio Aguado, Jaume Avellaneda, Jesús Carrera, Antonio Huerta i Francesc Robusté, que han realitzat aportacions i comentaris al text; Llorenç Arguimbau, de l'IEC, Josep Jofre i Juan Francisco Córdoba, de la UPC, els quals han col·laborat activament amb l'aportació de les dades que queden reflectides en les figures i les taules del report, i Anna Rodríguez, de l'Escola Tècnica Superior d'Enginyers de Camins, Canals i Ports de Barcelona (ETSECCPB), i Maria Tu-neu, que han participat en l'edició del text.

1. INTRODUCCIÓ

1.1. Motivació i objectius

L'any 2000 l'IEC publicava els *Reports de la recerca a Catalunya: Enginyeria civil i enginyeria de la construcció*, per encàrrec de la Comissió Interdepartamental de Recerca i Innovació Tecnològica (CIRIT). Es tracta del primer recull d'aquest tema en l'àmbit de Catalunya amb l'objectiu de «presentar la situació de l'àrea de l'enginyeria civil i l'enginyeria de la construcció a Catalunya, i incidir en la seva idiosincràsia, tant des del punt de vista científic com des del punt de vista de la transferència de tecnologia al món empresarial, en un sector amb poca tradició en els temes de recerca i innovació». A principis de l'any 2003, el Departament d'Universitats, Recerca i Societat de la Informació (DURSI) de la Generalitat de Catalunya comunica a l'IEC el seu interès perquè continuï amb el projecte iniciat l'any 1996 i, per tant, procedeixi a una actualització dels reports que es van publicar en el seu dia, amb l'objectiu d'elaborar uns documents que facin una anàlisi de l'estat actual de la recerca de tots els àmbits del coneixement a Catalunya en relació amb la comunitat científica internacional. Pel que fa a l'àmbit de l'enginyeria civil i l'enginyeria de la construcció es va nomenar Joan Ramon Casas director del treball, el qual s'ha recolzat en un equip d'experts format per Antonio Aguado, Jaume Avellaneda, Jesús Carrera, Antonio Huerta i Francesc Robusté.

L'objecte d'aquest document és, doncs, presentar l'estat actual de la recerca i transferència de tecnologia en l'àmbit de l'enginyeria civil i l'enginyeria de la construcció, valorant-ne el suport que s'hi dona des dels estaments polítics català, espanyol i europeu, i indicant-ne els resultats més importants amb una sèrie d'indicadors quantitius el màxim d'objectivables. El període objecte d'estudi és el comprès entre els anys 1996-2002 i es pretén, alhora, que la informació que s'hi recull presenti una línia de continuïtat i actualització dels resultats continguts en l'anterior report de recerca que recull el període 1992-1998.

Volem destacar que el present estudi es limita per voluntat pròpia als aspectes relatius a recerca i desenvolupament, deixant de banda els relatius a la innovació. Com és sabut, el concepte d'innovació no implica una correspondència directa amb R+D, ja que és més ampli i de contingut diferent. Moltes vegades la innovació de les empreses no es basa en l'esforç de R+D del ma-

teix país, sinó que ho pot fer tant recolzant-se en el sistema de ciència i tecnologia d'un altre país com a través del proveïment directe de béns i processos de països estrangers. Aquesta diferenciació és molt important pel que fa al sector de la construcció per comparació amb altres sectors. Això queda palès en els valors que es mostren a continuació, relatius a l'any 2000 i provinents de l'Institut Nacional d'Estadística (INE) (taula 1).

TAULA 1

Comparació de despeses en recerca, desenvolupament i innovació en diferents sectors productius

Sector	Despesa en innovació respecte a la xifra de negocis (percentatge)	Despesa en R+D respecte a la xifra de negocis (percentatge)
Indústria	1,78	0,50
Serveis	0,48	0,18
Construcció	0,30	0,03

Tal com es pot veure a la taula 1, si la relació de despeses entre innovació i R+D en el cas de la indústria i els serveis està a l'entorn de tres, en el cas de la construcció aquesta relació és de deu. Per tant, queda manifest que la construcció és un sector on s'aposta més en la compra de béns i processos que no pas en la recerca pròpia per tal d'augmentar la productivitat.

Segons dades també de l'INE, l'any 2000 el 41,45 % de les despeses d'innovació corresponien a activitats de R+D ja desenvolupades tant dintre la pròpia empresa (32,83 %) com a fora (8,62 %), i el 58,55 % de les despeses d'innovació corresponien a altres activitats, entre les quals destaquen l'adquisició de maquinària i equipament relacionada amb nous productes i processos (36,7 %).

Al mateix any 2000, tot i que Catalunya era la comunitat que més invertia en innovació (representava el 27 % del conjunt espanyol, mentre que Madrid era el 26 %), estava per darrere de Madrid pel que fa a inversió en R+D (27 % a Madrid i 25 % a Catalunya).

Tot i que com ja hem dit aquí ens limitarem a estudiar els aspectes relatius a R+D, en alguns casos ens veurem obligats a fer-ho per referència o comparació amb els de la innovació, precisament per destacar-ne la fortalesa o feblesa.

1.2. Situació actual del sector de la construcció

El sector de la construcció és un dels sectors productius de més importància a Espanya, igual com passa a la resta de països desenvolupats del món. Aquesta importància es justifica no només pel seu impacte en el PIB del país, sinó també en l'ocupació i, sobretot, en l'efecte multiplicador en les altres activitats econòmiques. D'acord amb l'informe de resultats del sector de la construcció 2002 del Servei d'Empreses d'Obres Públiques d'Àmbit Nacional (SEOPAN), el sector mostra unes xifres altament significatives del pes de l'activitat de les empreses constructores en l'economia espanyola. Les principals xifres es mostren a continuació:

- xifra de producció total: 116.000 M€;
- percentatge de la producció sobre el PIB: 16,7 %;
- valor afegit brut sobre el PIB: 6 %;
- població laboral ocupada sobre el total: 11,8 %;
- nombre de treballadors ocupats: 1,9 milions.

És important destacar l'evolució creixent que hi ha hagut en els darrers anys, ja que l'any 1998, segons el mateix SEOPAN, les dades eren les següents: producció total de 67.900 M€, la qual cosa representava un 7,8 % del PIB i el 9,9 % de la població ocupada. Les dades de l'any 2001 ja eren de 95.200 M€ de producció total (14,62 % del PIB i 11,4 % de la població ocupada). L'any 2002, la construcció va créixer 2,6 punts percentuals més que l'economia espanyola. L'any 2001, el sector constructor espanyol era el cinquè mercat en importància a la Unió Europea (UE), amb un 11 % del total, només superat per Alemanya (23 %), França i Itàlia (14 % cadascun), i el Regne Unit (13 %).

A aquestes xifres de producció, s'hi ha d'afegir un 13 % més corresponent a les consultores d'enginyeria civil i medi ambient.

La gran capacitat de l'activitat constructora per crear feina es demostra amb la dada que cada seixanta mil euros invertits en el

sector signifiquen la creació d'un lloc de treball directe i 0,6 indirectes. Així mateix, l'efecte multiplicador global estimat per al sector a Espanya és de dos, cosa que vol dir que una pujada d'un punt percentual en la demanda constructora es tradueix en gairebé el doble de creixement en la producció econòmica del país.

El sector de la construcció, com altres sectors, està subjecte als cicles econòmics, tot i que en aquest cas les variacions solen ser més atenuades, i crida l'atenció el paper determinant que l'actuació de l'Administració pública pot tenir com a promotora de grans obres i infraestructures. Qualsevol acció política en aquest sector és determinant per al comportament futur. En els darrers anys s'han unit una gran puixança de la inversió privada, fonamentalment en habitatge, amb una inversió pública mantinguda en el Pla Plurianual d'Infraestructures de l'Estat (2000-2007), la qual cosa ha fet que l'actual cicle inversor del sector sigui llarg i estigui a uns nivells molt alts.

Per a aprofundir en aquesta afirmació cal reflectir indicadors com ara el consum de ciment per persona en el context nacional o el volum d'edificació respecte al total europeu. Respecte al primer indicador, ha ascendit a més de 1.100 kg de ciment per persona/any, cosa que supera amb escreix el consum dels països europeus del nostre entorn i que disposen de més valors de renda *per capita* (Alemanya, França, el Regne Unit, etc.); mentre que en el segon dels indicadors esmentats, el percentatge d'habitatges construïts a Espanya se situa entorn d'un 40 % del total europeu, com a conseqüència d'una forta demanda, fet que ha provocat un importantíssim increment dels preus. Pel que fa a Catalunya, les xifres absolutes de construcció d'habitatges en els biennis 1998-1999 i 2000-2001 són les que mostra la taula 2 (Roca *et al.*, 2003).

Una dada significativa és que mentre que el nombre d'habitatges acabats a Catalunya l'any 1994 era de 32.814, la xifra l'any 2002 va ser de 65.538. És a dir, en vuit anys s'ha duplicat la xifra, la qual cosa representa més d'un 10 % anual acumulatiu.

Un altre aspecte que cal destacar, per entendre el sector, és que es pot dividir en dos grans grups d'activitat (obra civil i edificació). La taxa de creixement interanual de l'obra civil l'any 2001 a Espanya es va situar en el 10 %, enfront de xifres menors a la resta del sector, cosa que mostra una posició de rellevància i justifica l'interès per la millora de la competitivitat. Re-

TAULA 2
Nombre d'habitatges construïts a Catalunya en el període 1998-2001

Bienni	Nombre d'habitatges iniciats	Nombre d'habitatges acabats	Total d'habitatges iniciats i acabats
1998 1999	150,044	97,324	247,368
2000-2001	139,516 (92 % del bienni anterior)	123,194 (126 % del bienni anterior)	262,710 (106 % del bienni anterior)

cordem que a Catalunya aquest percentatge pel que fa a l'edificació també està a l'entorn del 10 %. La distribució dels percentatges d'activitat per subsectors l'any 2002 és el següent (SEOPAN):

- obra civil: 26 % del total
- edificació: 74 % del total, desglossat en:
 - edificació residencial: 31 % del total
 - edificació no residencial: 18 % del total
 - rehabilitació i manteniment de l'edificació: 25 % del total.

D'acord amb les dades de la Cambra Oficial de Contractistes d'Obres de Catalunya, l'any 2002 la producció del sector de la construcció a Catalunya va ser la següent:

- edificis de nova construcció: 10.632,8 M€
- rehabilitació i manteniment d'edificis: 5.403,8 M€
- total edificació: 16.036,6 M€
- total obra civil: 2.724,1 M€
- total construcció: 18.760,6 M€.

Veiem, doncs, com a Catalunya els percentatges són una mica diferents que a la resta d'Espanya. En efecte, l'obra civil representa el 15 % i l'edificació el 85 % del total del sector de la construcció.

Segons dades de l'any 2000, el percentatge dedicat a R+D sobre el total de vendes del sector de la construcció a Espanya és el 0,122 %. La mitjana europea de les empreses del sector se situa en l'1 %, mentre que les empreses de l'àrea de la salut i serveis farmacèutics hi dediquen més d'un 10 %. Així doncs, un sector que suposa pel que fa al volum de vendes un percentatge superior al 15 % del PIB només dedica un 0,122 % del volum d'aquestes vendes a invertir en R+D. Les causes d'aquestes dades, tot i que no són extrapolables a tots els subsectors, ja s'apuntaven en l'anterior report i són fonamentalment:

a) L'alt grau d'atomització del sector (un total de 259.092 empreses l'any 1998 de les quals un 98 % són considerades com a petites empreses). S'ha de dir, però, que en els últims anys la necessitat de competir en àmbit internacional ha fet aparèixer una política de fusió, sobretot pel que fa a les grans empreses. Així, si el 1999 de les vint-i-cinc primeres constructores europees només n'hi havia dues espanyoles en els llocs 16 i 17, l'any 2003 algunes empreses espanyoles es troben ja entre les deu més grans a tot Europa. De totes maneres, aquesta política de fusions no és dóna en empreses de nivell més petit, i per això preexisteix una gran fragmentació. La majoria de les empreses són petites i participen com a subcontractistes de les grans empreses. La distribució pel nombre de treballadors de les empreses del sector de la construcció a Espanya l'any 1998, segons dades recollides a l'informe COTEC 2000 sobre construcció, era la següent:

- cap assalariat: 121.594 empreses
- d'1 a 19 assalariats: 128.882 empreses
- de 20 a 99 assalariats: 7.916 empreses
- de 100 a 499 assalariats: 645 empreses
- de 500 a més assalariats: 55 empreses.

Tot i la política de fusions dels últims anys, aquestes xifres no han variat de manera important.

b) El sector depèn molt dels cicles econòmics.

c) La majoria de projectes d'enginyeria civil són autèntics prototipus.

d) Alt grau de subcontractació i nivell de formació i qualificació professional del personal d'obra inferior a altres sectors industrials a causa dels canvis continus en els equips de treball.

e) Marges baixos, que es compensen amb el gra volum de feina, tot i que repercuteixen en un alt nivell de sinistralitat laboral, amb el consegüent cost social i econòmic.

f) Nivells baixos de R+D+I (se situa entorn del 25 % de la mitjana nacional), ja que prima el curt termini sobre el llarg.

g) El preu predomina com a criteri d'adjudicació, especialment en l'Administració pública, enfront del valor.

h) Les barreres d'accés a noves empreses són baixes, tot i que més grans en obra civil que en edificació. Si tenim en compte, com hem dit, que a Catalunya l'edificació té un pes relatiu més important que l'obra civil respecte al conjunt de l'Estat, podem deduir que la problemàtica de l'existència d'un volum important d'empreses molt petites encara és més acusada que a la resta d'Espanya.

Segons Maluquer de Motes (2003), a Catalunya el personal de les empreses dedicat a R+D en el sector de la construcció l'any 2000 era de 23,2 EDP (equivalència a dedicació plena), la qual cosa suposava un 0,19 % del total de persones dedicades a tasques de R+D, tot i que la despesa en R+D total del sector de la construcció a Catalunya era el mateix any 2000 de 9.786 milers d'euros, que representava un 1,15 % del total. Tot i això, la despesa en innovació a la construcció l'any 2000 era de 47.102 milers d'euros. De nou, observem com a Catalunya es produeix un efecte semblant al que ja hem comentat pel conjunt de l'Estat espanyol, que és la desproporció entre la despesa destinada a innovació i la destinada a recerca i desenvolupament. Tot i això, aquesta desproporció a Catalunya no és tant gran com a la resta de l'Estat, ja que la relació entre despesa en innovació i R+D en el cas català està entorn de cinc, mentre que al conjunt d'Espanya aquesta relació és de deu. Molt probablement aquesta diferència sigui causada sobretot per un valor proporcionalment més elevat de les despeses en innovació a tot Espanya que no pas pel fet que a Catalunya es destinin proporcionalment molts més recursos a R+D. Aquesta afirmació es basa en el fet que les grans empreses del sector, grans consu-

midores d'innovació, es troben totes en l'àmbit espanyol (normalment amb seu central a Madrid), mentre que a Catalunya se situen més mitjanes i petites empreses.

S'ha de dir també que una de les causes que s'inverteixi poc en recerca i innovació es deu al fet que l'enginyeria civil té com a objectiu fonamental la provisió d'infraestructures civils, i en aquest camp no existeix un mercat pròpiament dit. Tal com assenyala Lanza 2003, es tracta d'un mercat de monopoli pel que fa a la demanda (les administracions) i d'oligopoli pel que fa a l'oferta (moltes empreses competint). Segons la teoria microeconòmica aquesta estructura oligopòlica hauria de produir relacions d'interdependència estratègica entre les empreses competidores, i crear, per tant, un entorn propici per a la innovació. Però les regles del mercat queden trencades pel fet que només hi ha un agent econòmic a la demanda: l'Estat en les seves diferents formes (central, autonòmica o local). Tal com indica Lanza:

[...] el pseudomercat de les infraestructures té un comprador únic i públic que actua, a més, com a agent econòmic final de la cadena de valor. Aquestes condicions no creen els millors estímuls perquè els agents a l'oferta assumeixin riscos d'innovació. Les autoritats, com tots sabem, temen la novetat.

No deixa de ser curiós el fet que, tot i el que s'acaba d'apuntar pel que fa a la poca importància que el sector de la construcció dóna als aspectes de R+D, sigui el segon (per darrere del comerç al major) on hi ha un nombre més gran d'empreses innovadores. Aquest és un signe evident més (juntament amb el que hem apuntat pel que fa a la relació entre recursos destinats a innovació i a R+D) que ens trobem davant un sector que dóna molta importància a la innovació i molt poca a la recerca i el desenvolupament. Això és altament preocupant a llarg termini.

Finalment, cal destacar que tot i la importància que el sector de la construcció té en l'economia dels països europeus, l'optimisme que es recollia en l'anterior report pel que feia a la creació, per part dels diferents organismes amb responsabilitat en aquest tema (UE, Govern espanyol i Govern català), de programes o àrees sectorials d'aquest àmbit dintre del V Programa Marc (1999-2002), IV Programa Nacional de R+D (2000-2003) i II Pla de Recerca de Catalunya (1997-2000), respectivament, aquest optimisme no s'ha vist del tot acomplert, ja que, d'una banda, els temes relatius a la construcció són pràcticament inexistents al VI Programa Marc (2003-2006), i d'altra banda, en el pla espanyol, dels quatre anys que abastava el programa, als dos primers no hi va haver convocatòries i als dos últims es va fer una convocatòria per part del Ministeri de Foment amb uns recursos molt limitats (entorn d'un milió i mig d'euros).

1.3. Metodologia de treball

Les dades disponibles per a la realització d'aquest treball han vingut de fonts diverses. Així, les corresponents a revistes indexades han estat aportades per l'IEC, i les més específiques de la UPC han estat aportades per l'Àrea de Planificació, Avaluació i Estudis o el Centre de Transferència de Tecnologia (CTT) d'aquesta universitat. Pel que fa als recursos de transferència de tecnologia del sector empresarial, cada institució consultada ha aportat les dades corresponents i així s'indica al llarg del text.

D'altra banda, s'ha procurat seguir un esquema i una estructura similars als de l'anterior report publicat l'any 2000, a fi i efecte que les dades i els resultats es puguin comparar amb facilitat i, per tant, es pugui fer un seguiment dels diferents paràmetres al llarg de tot el període cobert pels dos reports (1992-2002 per a la majoria dels casos i 1989-2002 pel que fa a les contribucions a revistes del JCR). En aquells casos que s'han definit o utilitzat valors diferents dels de l'anterior report o se n'han fet petites modificacions, correccions o ampliacions de l'àmbit d'estudi, es deixa clarament indicat en el text.

2. DESCRIPCIÓ DE L'ÀMBIT

2.1. Aspectes generals

Tenint en compte les dificultats que suposa una descripció compartimentada de l'àmbit que aquí ens ocupa, motivades tant per la manca d'una definició unànimement acceptada del que constitueix l'àrea de l'enginyeria civil i l'enginyeria de la construcció, així com la interdisciplinarietat de moltes de les actuacions que modernament s'hi han inclòs, en aquest capítol es pretén definir cadascuna de les subàrees en què s'ha d'estructurar el sector, fent una breu descripció de les línies prioritàries, de manera anàloga al que es va fer en l'anterior report, però actualitzant-ne els continguts.

S'ha de fer esment, també, que la construcció arquitectònica tradicionalment ha estat vinculada a l'àmbit de l'arquitectura, però el seu caràcter tècnic fa aconsellable que les activitats de recerca que es desenvolupen siguin analitzades en el present report.

2.2. Definició de subàrees

2.2.1. Aigua

Sota aquest epígraf s'inclouen un munt de temes que abasten des de la sociologia, el dret, l'economia fins a l'enginyeria hi-

dràulica. Per això, és molt difícil sintetitzar el que es fa a Catalunya, on, en conjunt, es fa molt. En àmbit mundial, els grans reptes són assegurar un subministrament fiable a tothom i preveniravingudes, tot amb un impacte ambiental mínim. En àmbit científic, potser els problemes que reben més atenció són la relació pluja-escolament i els efectes del canvi climàtic.

A Catalunya, amb el risc que sigui incomplet, es fa recerca en hidrologia a la Universitat de Barcelona (UB), la Universitat de Girona (UdG) i la Universitat de Lleida (UdL); en ecosistemes aquàtics, a la UB; en la relació pluja-escolament, a la UdL, la UB, el Consell Superior d'Investigacions Científiques (CSIC); en economia de l'aigua, a la Universitat Autònoma de Barcelona (UAB) i la UPC, on també es treballa en els aspectes antropològics, socials i històrics; en arrossegament de sòlids, a la UB, la UPC, la UdL i el CSIC, i en química de l'aigua, a gairebé totes.

La recerca d'aquesta àrea se centra en l'estudi de models a escala reduïda, aigües subterrànies, gestió d'aigües i mecànica fluvial i arrossegament de sòlids en suspensió.

2.2.2. Construccions arquitectòniques

En aquest epígraf s'inclouen les activitats relatives a la construcció d'obres d'arquitectura. Fins ara hi ha hagut poca cultura d'inversió en recerca, tant en l'àmbit nacional com internacional, com a conseqüència de l'origen artesanal d'aquesta construcció, d'un mercat molt fragmentat i de la implicació de nombroses empreses, si bé, en general, petita i mitjana empresa (PIME). La recerca en aquest entorn presenta una relació quasi directa amb els ciutadans i les ciutadanes ja que, sovint, cal interpretar o, fins i tot, anticipar-se a problemes que, com que estan relacionats amb quelcom tan important com és l'habitatge, solen ser motiu de preocupacions socials greus.

Si el problema de l'aluminosi va aglutinar bona part de la recerca i el desenvolupament que van dur a terme els organismes públics i privats anys enrere, ara els temes de qualitat de l'edificació, seguretat de l'obra i productivitat esdevenen importants. L'aplicació de la Llei d'ordenació de l'edificació (LOE) així com el Codi tècnic de l'edificació, faran augmentar la tecnificació i els processos de control de qualitat tant pel que fa al projecte com a l'execució, per la qual cosa es preveu que s'incrementin les recerques i experimentacions que tenen com a objectiu la caracterització de productes i solucions constructives innovadores, així com l'elaboració d'eines de simulació per preveure el comportament dels sistemes constructius.

La rehabilitació del parc construït continua sent un tema de primera importància, tant pel que fa a aspectes de seguretat, consolidació de façanes i estructures, adequació d'instal·lacions, com d'accessibilitat.

Pot ser que l'activitat més social de les relacionades amb el fet de construir sigui la de la preocupació mediambiental; la de la preocupació perquè la indústria de la construcció pugui continuar desenvolupant-se a partir de paràmetres de sostenibilitat. En aquest camp la recerca va molt per davant del cos legislatiu i molt per davant de la sensibilització dels actors i les actrius i dels usuaris i les usuàries. La missió principal d'aquest important camp de recerca va avui en el sentit de motivar constructors i usuaris per aconseguir reduir la despesa energètica i la quantitat de residus que genera el sector.

A Catalunya, les línies de recerca dels departaments de construccions arquitectòniques de la UPC són: arquitectura, energia i serveis: intervenció en el patrimoni construït; desenvolupament de sistemes tècnics i materials; política del sòl i valoracions. Mentre que a l'Institut de Tecnologia de la Construcció a Catalunya (ITEC) són: patologia de la construcció; noves exigències; estudis de construcció patrimonial; manteniment d'edificis; medi ambient i construcció; grans càrregues (sismologia); gestió de l'obra; estudi i manteniment de bancs de dades de la construcció.

2.2.3. Enginyeria de la construcció

La investigació realitzada en aquest àmbit està en línia amb les accions estratègiques marcades en el V Programa Marc nacional (2004-2007). El plantejament innovador de la investigació que es desenvolupa a l'entorn català, articulat principalment a la UPC, és la concepció integrada de tot el procés, i fa èmfasi en les interfases, per tal d'aconseguir construccions respectuoses amb l'entorn (en totes les etapes) i que satisfacin les necessitats dels usuaris, dins el cicle de vida de la construcció en què s'optimitzin els recursos utilitzats, així com l'energia de tot el procés.

L'articulació de la investigació es fa a través de tres grans àrees: tecnologia d'estructures, materials de construcció i construccions industrials. L'entorn de tecnologia d'estructures té una àmplia tradició en temes d'investigació i desenvolupament en el camp d'estructures i materials d'enginyeria civil i edificació. L'objectiu és dissenyar alternatives tipològiques que estiguin d'acord amb els plantejaments de sostenibilitat, avaluar i experimentar amb estructures, tant de nova planta com en servei, i arribar així, fins i tot, a construccions històriques.

La investigació s'enfoca també cap als sistemes de construcció encaminats a aconseguir un millor aprofitament energètic i cap a una reducció de residus, temps i costos en el procés, així com el disseny i la fabricació de components prefabricats de nivell mitjà integrables en els diversos subsistemes (i també mètodes de posada en obra). S'estudien els materials que componen aquestes estructures, si bé des del seu vessant estructural, i es tracten tant els materials més convencionals de construcció com les noves tendències en aquest camp. En aquests estudis

s'utilitzen diverses metodologies que comprenen des dels mètodes numèrics fins als assaigs en el laboratori, tant a nivell de prova com a nivell d'estructura, i s'arriba fins a l'escala real 1:1.

El Grup de Materials de la Construcció té una experiència de més de vint anys en l'estudi de la utilització de residus i subproductes en la construcció. La seva activitat s'estén des de la inertització fins a l'avaluació experimental d'impactes i modelització de comportaments, passant per les modificacions i adaptacions de les pràctiques de construcció. També s'ocupa dels sistemes d'avaluació de l'impacte per lixiviació i la durabilitat enfront de diverses accions del medi. La durabilitat i utilització sostenibles de materials convencionals com ara el formigó, el guix i els seus additius i addicions constitueixen el segon camp d'activitat del Grup. Una tendència nova en aquest grup es l'obertura cap a la incorporació de temes de notecnologia per a temes específics associats al sector.

L'àrea de construccions industrials fonamenta la investigació en el desenvolupament de la tecnologia oportuna per aconseguir la implantació de les activitats industrials de manera racional que doni lloc a indústries competitives i no ofensives per a l'entorn. Per això s'experimenta en la mesura dels indicadors de sostenibilitat aplicat a l'àmbit de l'ordenació del territori i en la implantació de construccions per a activitats econòmiques i industrials. Es treballa en la investigació de processos, formes i solucions constructives que per la via del disseny i la gestió siguin menys agressives per al medi ambient, afavoreixin la implantació de l'activitat de producció i, per tant, siguin més competitives.

Les activitats d'investigació dins aquesta àrea (enginyeria de la construcció) es desenvolupen principalment a l'entorn del departament del mateix nom de la UPC. Aquest entorn no només manté un nivell d'excel·lència en temes d'investigació, sinó que està actuant de motor del món empresarial, realitzant nombroses col·laboracions de R+D d'alt nivell, amb una forta incidència social.

Els resultats de la investigació, amb un adequat equilibri entre bàsica i aplicada, es mostren tant en la vessant científica —reflexada, per exemple, en articles en revistes internacionals de màxim nivell o tesis doctorals llegendes— com en la vessant aplicada —per exemple, amb un important acord amb Gestió d'Infraestructures, SA (GISA), per quatre anys, per al seguiment de les obres de la línia 9, en una experiència professional pionera en àmbit mundial per les dimensions que té.

Cal assenyalar que els significatius èxits de l'entorn en aquest àmbit són percebuts també externament, no només amb la forta presència en àmbits internacionals de tipus científic, sinó també en la confiança dipositada per entitats professionals o de R+D en membres de l'entorn. Així, a tall d'exemple, cal assenyalar que els coordinadors de les noves normatives d'estructu-

res de formigó i d'estructures metàl·liques són membres del Departament d'Enginyeria de la Construcció, o bé que el coordinador del programa nacional de construcció, és, així mateix, membre de l'esmentat Departament.

Dins aquest àmbit també es realitzen treballs a l'ITEC, Grup R+D del Col·legi d'Aparelladors i Arquitectes Tècnics, Institut l·defons Cerdà i Laboratori General d'Assaig i Investigacions (LGAIN), Centre d'Innovació de Tecnologia d'Estructures i Construcció (CEINTEC), tot i que majoritàriament en la vessant de desenvolupament.

2.2.4. Enginyeria del terreny

La recerca de l'àrea enginyeria del terreny del Departament d'Enginyeria del Terreny i Cartogràfica de la UPC es pot agrupar entorn de les àrees de geomecànica, geologia aplicada, hidrogeologia, sismologia i topografia.

El Grup de Geomecànica desenvolupa una gran activitat en els camps dels sòls no saturats i expansius (assaigs de laboratori i models), problemes acoblats THMC, models constitutius de plasticitat i dany, mecànica de fractura, comportament d'esquerdes i interfases, problemes inversos en geotècnica, i l'anàlisi numèrica associada a tots aquests models pel mètode dels elements finits. Aquests desenvolupaments, sustentats per diversos projectes de recerca en àmbit nacional (Direcció General d'Investigació de la Ciència i la Tecnologia [DGICYT], Comissió per a Universitats i Recerca [CUR], etc.), s'han aplicat, entre d'altres, a problemes d'emmagatzament de residus radioactius mitjançant barreres d'argila i de sal (projectes europeus del IV i V Programa Marc), construcció, excavació, patologies de preses de formigó i roca, túnels, etc.

El Grup de Geologia Aplicada treballa fonamentalment en la cartografia i avaluació de riscos naturals, sobretot d'esllavissades. Es treballa en diverses línies: modelització numèrica d'esllavissades, en cartografia de susceptibilitat i perillositat del terreny mitjançant sistemes d'informació geogràfica (SIG), i en la determinació de l'activitat de les esllavissades i la seva relació amb el clima i els seus canvis. Aquests treballs han estat subvencionats per diversos projectes dins el IV i V Programa Marc Europeu, per la Comissió Interministerial de la Ciència i la Tecnologia (CICYT) i per diversos convenis amb administracions (Generalitat de Catalunya i Govern d'Andorra).

El Grup d'Hidrogeologia és actiu tant en recerca fonamental com aplicada. Es treballa en la hidrogeoquímica, la conservació de zones humides, el problema de l'estimació de paràmetres (problema invers), la hidrogeologia de mitjans de baixa permeabilitat, la hidrogeologia estocàstica, la hidrogeologia urbana i el transport de contaminants incorporant reaccions químiques. El Grup ha col·laborat amb diverses institucions i empreses: Enre-

sa, Institut Tecnològic d'Edificació de Catalunya (ITGE), Ajuntament de Barcelona, Àrea Metropolitana de Barcelona, Junta d'Aigües, etc. El Grup d'Hidrogeologia és una entitat associada al CSIC.

El Grup de Sismologia és actiu en els camps de la geofísica aplicada, la sismologia de terratrèmols i l'enginyeria sísmica. Es treballa en temes de prospecció geofísica d'alta resolució, en anàlisi de vibracions, en estudis d'atenuació i propagació d'ones sísmiques i en l'anàlisi de vulnerabilitat i dany sísmic esperat a edificis, estructures i infraestructures. El Grup ha col·laborat amb la Generalitat de Catalunya, l'Ajuntament de Barcelona i l'Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC) en l'elaboració de plans d'emergència sísmica a Catalunya i a Barcelona i participa en diversos projectes de recerca nacionals i europeus.

Finalment, el Grup de Topografia treballa en l'aplicació de la fotogrametria terrestre al control dimensional i de deformacions en monuments i edificis, i en l'aplicació del sistema de posicionament per satèl·lit (GPS) a la topografia de precisió en zones humides i al control de desplaçaments de vessants inestables. Disposa del Laboratori de Topografia i és un motor important de l'Institut de Geomàtica.

2.2.5. Medi ambient

La tendència mundial es cap a horitzontalitzar els aspectes ambientals de totes les activitats d'enginyeria. És a dir, la preocupació per l'impacte ambiental ha d'ésser present en la planificació, la gestió, el projecte, l'execució i el seguiment de totes les actuacions d'enginyeria. Per això, tot i que l'àmbit del medi ambient és objecte d'un altre report de recerca, s'han inclòs dins aquest apartat els aspectes que tradicionalment han estat objecte de l'enginyeria civil (depuració i tractament d'aigües i gestió de residus), així com d'altres que en els darrers anys han començat a afectar la resta d'activitats d'enginyeria civil i edificació (anàlisi del cicle de vida, reutilització, etc.)

En aquest context, en àmbit mundial, la recerca va evolucionant cap a la protecció ambiental, la qual cosa implica una necessitat de conèixer millor els ecosistemes, la reutilització, el reciclatge, i això ha conduït a un èmfasi en els procediments d'aprofitament dels materials de construcció (els que generen un volum més gran de residus) i a una visió global, que ha donat empena als mètodes d'anàlisi del cicle de vida i ha fet replantejar la manera d'estudiar algunes de les grans obres públiques. En l'àmbit de l'enginyeria sanitària, les tendències mundials apunten cap a la gestió (utilitzar abans d'embrutar), la tecnologia de membranes (per tal de reduir la salinitat), la microbiologia (sistemes biològics de tractament d'aigües) i els microcontaminants (identificació i eliminació de contaminants altament tòxics en concentracions petites).

A Catalunya, dins l'àmbit de l'enginyeria civil i l'enginyeria de la construcció, i deixant de banda els aspectes industrials, es fa recerca en la majoria d'aquests temes. Hi ha molts grups que treballen en depuració d'aigües residuals: a la UPC (INTEXTER, Departament de Projectes), a la UAB (Departament d'Enginyeria Química), a la UB (Departament d'Edafologia i Departament de Decalografia), a la UdG, etc. Tot i això, és simptomàtica la manca d'activitat en tecnologia de membranes. L'activitat és molt més baixa en el camp de tractament d'aigües potables, on el catalitzador i executor de la majoria de recerques és Aigües de Barcelona. Es fa una mica de recerca en conductes (creixement de biofilm i virologia) i en residus, especialment pel que fa a les purines (UdL).

La recerca portada a terme pels investigadors de l'àrea d'enginyeria civil i enginyeria de la construcció en aquest tema se centra en la reutilització, tant d'aigua com de residus (especialment els associats a la construcció), i la restauració d'espais contaminants, especialment pel que fa a sòls i aigües.

2.2.6. Mètodes computacionals en enginyeria

L'àmbit de mètodes computacionals en enginyeria abasta les àrees de coneixement de mecànica de medis continus, teoria d'estructures i matemàtica aplicada. Dins la UPC, treballen en aquest camp el Departament de Resistència de Materials i Estructures en l'Enginyeria i el Laboratori de Càlcul Numèric (La-CàN) del Departament de Matemàtica Aplicada III. L'altre centre amb una gran activitat en aquest àmbit, situat a l'entorn de l'ETSECCPB, és el Centre Internacional de Mètodes Numèrics a l'Enginyeria (CIMNE).

Les línies d'investigació relacionades amb aquesta àrea de coneixement abracen, generalment, tots els temes relacionats amb l'anàlisi de la deformació i el comportament resistent de medis continus sòlids. És molt interessant remarcar que molts dels mètodes de càlcul desenvolupats per a una d'aquestes aplicacions són fàcilment extensibles per resoldre problemes en un altre camp. Així, una gran part de les tècniques utilitzades per a l'anàlisi no lineal d'estructures és aplicable a l'estudi de processos de fabricació per deformació. Això s'ha traduït en el fet que en el marc d'aquesta àrea de coneixement s'hagin desenvolupat un gran nombre de línies d'investigació que han cobert un ampli camp d'aplicacions pràctiques, que van des del disseny i l'anàlisi d'estructures en enginyeria civil, industrial i edificació, fins al desenvolupament de mètodes de càlcul per a l'estudi, amb l'ajuda de l'ordinador, de processos industrials de fabricació de peces per deformació, com ara la conformació en fred o en calent, l'embotició de xapa, la forja, la fosa, etc. Un ampli conjunt de les activitats de R+D dins l'àrea de coneixement es podria englobar dins l'àmbit més popularment conegut com a enginye-

ria assistida per ordinador per a l'anàlisi i el disseny de productes (estructures, peces mecàniques, etc.) i processos (construcció, fabricació, etc.).

2.2.7. Transport i territori

Aquest àmbit abasta la planificació, el disseny, la construcció i l'operació d'infraestructures i modes de transport, així com la seva interacció amb el territori. Expressament es deixa de banda l'urbanisme, que és tractat en el monogràfic de l'IEC sobre arquitectura i urbanisme.

Dins la UPC, l'àrea de coneixement pròpia del transport és la d'*enginyeria i infraestructura del transport*, que es troba al Departament d'Infraestructura del Transport i Territori (línies de recerca: modelització i anàlisi de sistemes de transport; planificació, construcció i explotació de carreteres; i planificació i gestió d'infraestructures ferroviàries) i al departament d'Enginyeria Mecànica de la UPC (línies de recerca: enginyeria i explotació del transport). Al Departament d'Estadística i Investigació Operativa (línies de recerca: optimització i simulació de fluxos en xarxes, on es toca la simulació del trànsit), al de Ciència i Enginyeria Nàutiques (línies de recerca: seguretat del transport i activitats marítimes) i al d'Organització d'Empreses (línies de recerca: organització industrial, on es toca la logística industrial) hi ha també grups de recerca en transport.

Dins també de l'àmbit universitari català es fa recerca en transport a la UB (geografia i economia del transport), la UAB (legislació i economia del transport) i la Universitat Pompeu Fabra (UPF) (teoria de localització i economia del transport). La recerca en l'àmbit empresarial i en l'Administració no és bàsica ni estable ni es publica habitualment, però puntualment s'han fet projectes innovadors a diferents empreses (Ferrocarri de la Generalitat de Catalunya, Transports Metropolitans de Barcelona, l'Autoritat Portuària de Barcelona, Aeroport de Barcelona, Entitat Metropolitana del Transport, Ajuntament de Barcelona i la Direcció General de Trànsit. Algunes empreses consultores com ara TSS, ALG, BTSA, MCRIT i INTRA fan recerca aplicada en alguns projectes.

A Catalunya es fa recerca en molts dels temes esmentats, com ara la demanda de transport, la logística, la investigació operativa aplicada al transport, els paviments de carreteres, les infraestructures ferroviàries i les tecnologies de la informació aplicades al transport. La plasmació escrita de la recerca és desigual i es troba més sovint en forma d'actes de congressos nacionals i internacionals que en forma d'articles a revistes indexades; tot i això, les esporàdiques contribucions a revistes indexades proporcionen una presència internacional relativa notable en el darrer decenni.

Dins l'entorn de la UPC destaquen IDIADA en el món de l'automòbil i el Grup d'Estadística i Investigació Operativa en el

desenvolupament de programari de simulació del trànsit. Es fa recerca abundant en el disseny i comportament de paviments en el Laboratori de Camins, recerca que ha donat lloc a tres patents notables i a mètodes d'anàlisi emprats en diversos països, en aspectes de les implicacions del ferrocarril d'alta velocitat i en la modelització de sistemes de transport (Laboratori d'Anàlisi i Modelització del Transport [LAMOT]); logística, transport públic, aeroports, gestió del trànsit via tarifa i mobilitat sostenible (peatges a les autopistes de Catalunya, vianants, bicicletes, seguretat viària, etc.). S'ha de destacar també de manera important, el naixement del Centre d'Innovació del Transport (CENIT), consorci en el que participen la Generalitat i la UPC.

L'àrea de coneixement pròpia del territori és la d'*urbanisme i ordenació del territori* que es troba al Departament d'Infraestructura del Transport i Territori (línies de recerca: planificació metropolitana i regional) i al Departament d'Ordenació del Territori i Urbanisme de la UPC (línies de recerca: anàlisi urbana; projectació urbana; i anàlisi i ordenació territorial, si agafem només una mostra coherent i propera a la perspectiva de l'enginyeria civil).

La recerca més rellevant desenvolupada a la UPC (sense considerar la del Departament d'Ordenació del Territori i Urbanisme per tal d'evitar redundàncies) es relaciona amb la història dels ports esportius i la qualitat de platges, i la recuperació del patrimoni construït. L'Institut d'Estudis Territorials associat a la UPF fa recerca puntual entre tasques de consultoria. Tanmateix, dins els treballs de redacció del Pla Territorial Metropolità, s'han efectuat diversos tipus de recerca, habitualment plasmada en documents interns.

3. FINANÇAMENT DE LA RECERCA

3.1. Aspectes generals

Tot i que més endavant farem un comentari específic pel que fa a les oportunitats de finançament de la recerca tant en àmbit europeu com estatal i de Catalunya, considerem oportú fer una sèrie de consideracions de caràcter general pel que fa a com aquestes oportunitats és poden materialitzar tant en àmbit espanyol com de Catalunya.

El sector de la construcció, per les seves característiques específiques esmentades al capítol primer, ha mantingut tradicionalment una implicació molt petita en les polítiques de recerca, desenvolupament i innovació. Un estudi realitzat pel MINER (1999) posa de manifest que l'esforç innovador del sector de la construcció és entre cinc i nou vegades inferior a la mitjana de la indústria. Pel que fa a la recerca i el desenvolupament,

les dades encara són pitjors, ja que la relació se situa entre quinze i vint vegades menys. D'acord amb l'informe COTEC (2000), això va lligat a les característiques estructurals del sector de la construcció. La demanda es concentra en una sèrie de productes que, a diferència de la indústria manufacturera, es caracteritza per:

- unicitat i singularitat, que impedeixen la producció en sèrie
- immobilitat territorial, que obliga a situar l'aparell productiu en la mateixa localització del consum.

Pel que fa a l'oferta, es caracteritza per:

- dispersió geogràfica de la producció i caràcter local
- baixa productivitat de la mà d'obra (50 % de la indústria manufacturera)
- poc atractiu per al món laboral
- predomini de les petites empreses
- reduït grau de concentració: les cinc empreses constructors espanyoles més importants només produeixen el 18 % del total del sector.

Atès que només les grans empreses, amb molta projecció exterior i molt especialitzades, solen tenir capacitat de recerca, desenvolupament i innovació, això fa que siguin poques les empreses que es preocupin per aquest tema, i, en conseqüència, busquin recursos i oportunitats per al finançament.

Tot i les dificultats apuntades, hem de dir que el conjunt d'investigadors en aquest àmbit pel que fa a Catalunya i més concretament a l'entorn de l'ETSECCPB es mostra particularment actiu pel que fa a la recerca de les poques oportunitats de finançament que es presenten. En efecte, tal com es desprèn de l'estudi realitzat pel Col·legi d'Enginyers de Camins, Canals i Ports de Madrid (2001), el volum de recursos en recerca del conjunt d'agents (centres públics, centres privats, universitats i empreses) provinent tant de fonts públiques (convocatòries de caràcter competitiu) com privades (convenis de recerca) es pot estimar en uns 24 M€ l'any en el conjunt de l'Estat, dels quals un 70 % correspon a centres públics i universitats, mentre que el 25 % correspon a les empreses. Tenint en compte que els centres públics de recerca són bàsicament el Centre d'Estudis i Experimentació d'Obres Públiques (CEDEX) i l'Institut Eduardo Torroja del CSIC, podem estimar que els recursos per EDP destinats a centres públics i universitats en l'àmbit de l'enginyeria civil i de la construcció són d'uns 13.000 EUR/EDP. Aquesta xifra puja fins als aproximadament 28.000 EUR/EDP si mirem exclusivament l'àmbit català (dades referents a l'ETSECCPB). La despesa mitjana en R+D en àmbit espanyol i català pel que fa al conjunt de l'ensenyament superior, es pot quantificar en 40.269 EUR/EDP i 39.016 EUR/EDP, respectivament, l'any 2000 (Maluquer de Motes, 2003). Si ens centrem en l'àmbit de l'enginyeria i la tecnologia a les universitats catalanes,

els recursos destinats a R+D es poden estimar en 37.000 EUR/EDP (Maluquer de Motes, 2003). Aquests valors inclouen les despeses de personal. Si considerem que per cada investigador «sènior» hi ha un becari graduat en tasques de recerca i estimem com a sou mitjà dels investigadors uns 36.000 EUR l'any i pels becaris uns 12.000 EUR l'any, podem considerar com a sou mitjà el valor de 24.000 EUR l'any. Per tant, podem estimar que entorn d'uns 13.000 EUR l'any per EDP són els recursos no directament associats al cost de personal. Aquest valor és comparable al de l'àmbit de l'enginyeria civil i de la construcció pel que fa a tot l'Estat espanyol, però significativament inferior als recursos aconseguits a Catalunya, menys de la meitat. Així doncs, resulta clar que la captació de recursos a través de convocatòries tant públiques com privades per l'àmbit que aquí s'estudia és un 115 % superior tant si ho comparem amb el conjunt de l'àmbit a tot l'Estat espanyol, com si ho particularitzem al conjunt de l'enginyeria i tecnologia només a Catalunya. Això diu molt respecte al caràcter actiu, competitiu i de recerca d'oportunitats de finançament i recursos per a la recerca en tots els àmbits (autonòmic, estatal i europeu, públic i privat) que presenten els investigadors de l'àrea d'enginyeria civil i de la construcció a Catalunya.

3.2. Oportunitats a Europa

El V Programa Marc de la UE (1998-2002) tenia una dotació pressupostària de 15.000 M€, dels quals un total de 4.830 (32 %) es poden considerar, amb un criteri molt poc restrictiu, en certa mesura com a oportunitats per al sector de la construcció, ja que són els que es destinen als programes TP3 (Creixement Competitiu i Sostenible) i TP4 (Energia, Ambient i Desenvolupament Sostenible).

Segons dades aportades per l'estudi realitzat pel Col·legi d'Enginyers de Camins, Canals i Ports de Madrid (2001), dels projectes de recerca a Espanya en el període 1998-2000, un 22 % tenen suport econòmic per part de la UE (V Programa Marc).

Pel que fa al VI Programa Marc d'Investigació, Desenvolupament Tecnològic i Demostració (2003-2006), la dotació pressupostària és de 17.500 M€, dels quals un total de 2.120 (12,1 %) es poden considerar, també amb un criteri molt ampli, en certa mesura relacionats amb el sector de la construcció, corresponent als programes de desenvolupament sostenible, sistemes d'energia sostenible i transport de superfície sostenible, canvi planetari i ecosistemes. Així doncs, veiem com respecte a l'anterior programa marc els recursos que es poden considerar com a «oportunitat» per al sector de la construcció disminueixen a

menys de la meitat. Per tant, tot i tractar-se d'un sector fonamental per a l'economia, com tothom reconeix, en lloc d'augmentar els recursos, segueixen disminuint en àmbit europeu. En el marc europeu, doncs, el sector de la construcció no es troba ben representat pel que fa a temes de R+D. No hi ha un programa específic i, per tant, s'ha d'accedir a projectes i ajudes per altres vies o dintre d'altres programes, i això comporta una dificultat afegida.

3.3. Oportunitats a Espanya

La Comissió de Docència i Investigació del Col·legi d'Enginyers de Camins, Canals i Ports de Madrid, en el seu estudi de l'any 2001 *Investigación en ingeniería civil: Situación actual y necesidades* recull la informació d'universitats, centres tecnològics públics i privats i empreses sobre projectes de recerca desenvolupats entre el 1998 i el 2000. De la informació rebuda d'un total de gairebé mil projectes se'n dedueix el següent:

- Un 50 % dels projectes es desenvolupen en centres universitaris. A les empreses el percentatge és només del 12 %.
- L'esforç en recerca dels centres públics, universitats i centres tecnològics suposa aproximadament un 1 per mil de la inversió en obra civil a Espanya.
- El 55 % dels projectes té finançament de programes de l'Estat.
- L'esforç conjunt en recerca suposa aproximadament uns vint-i-quatre milions d'euros l'any.

S'ha de destacar la inclusió per primera vegada al Pla Nacional de Recerca Científica, Desenvolupament i Innovació Tecnològica (2000-2003) d'un programa específic directament relacionat amb la construcció: «Construcción civil y conservación del patrimonio histórico-cultural» amb tres accions estratègiques: *a)* noves tecnologies i sistemes constructius; *b)* manteniment i avaluació de l'estat d'obres i edificis, i *c)* conservació de béns immobles i rehabilitació del patrimoni. També s'inclouen altres àrees temàtiques de l'entorn de l'enginyeria civil com la de medi ambient i transport i ordenació del territori. Tot i aquesta introducció en el Pla Nacional, que feia ser molt optimista amb motiu de la redacció de l'anterior report l'any 2000, s'ha de dir que la realitat s'ha encarregat de trencar aquest optimisme. Així, en els exercicis pressupostaris del 2000 i el 2001 l'àrea de construcció civil i conservació del patrimoni va tenir una partida zero i no fou fins a l'any 2002 que va disposar d'una partida simbòlica de només 1,5 M€. Per la seva banda, l'àrea de transport es va dotar els anys 2001 i 2002 amb 1,5 M€ aproximadament. Ambdues accions s'emmarquen dins l'activitat del Ministeri de Foment i resulten quantitats merament simbòliques si tenim en

compte el global de recursos repartits en les diferents convocatòries dels programes nacionals tant el 2001 com el 2002, tot i la importància del sector dins l'economia espanyola. S'ha de dir, per tant, que aquest ha estat un sector molt poc potenciat pel que fa a les polítiques de R+D en àmbit espanyol.

Actualment, en el V Pla Nacional de R+D (2004-2007), el programa de construcció ha passat al Ministeri de Ciència i Tecnologia, la qual cosa obre un camí nou pel que fa a la gestió del programa i, d'altra banda, apareix una dotació econòmica més gran des del primer any de vigència del programa, tot i que en el moment de redacció d'aquest report encara no es coneix la xifra amb exactitud. A més, dintre d'aquest nou Pla Nacional hi ha altres programes directament o indirectament lligats amb l'enginyeria civil: recursos naturals i tecnologies mediambientals, materials, mitjans de transport.

Una altra via que les empreses del sector han anat utilitzant de manera creixent, si bé de manera encara clarament reduïda respecte d'altres sectors, són els projectes PROFIT.

Tampoc les administracions estatals més relacionades amb el sector com són el Ministeri de Foment i el de Medi Ambient destinen partides importants del seu pressupost a la recerca i desenvolupament. L'any 1999 el Ministeri de Foment dedicava a recerca 3,7 M€ (pràcticament tots destinats al CEDEX), el 0,13 % de la inversió espanyola en recerca científica, tècnica i aplicada (460.003 milions de pessetes), quan el volum d'inversió del Ministeri era de l'entorn del 8 % del PIB. Sembla, doncs, que els dos ministeris més implicats pel que fa a les inversions en recerca a l'enginyeria civil (Foment i Medi Ambient) consideren que amb l'existència del CEDEX ja queden plenament resoltes totes les necessitats investigadores.

3.4. Oportunitats a Catalunya

Les oportunitats a Catalunya no són gaire més optimistes que les que s'han presentat per al conjunt de l'Estat. Tot i que el Govern de la Generalitat de Catalunya participa amb aportacions directes, a través del Departament de Política Territorial i Obres Públiques i el de Medi Ambient, en diversos organismes relacionats amb la recerca (ITEC, CIMNE, Centre Internacional d'Investigació en Recursos Costaners [CIIRC], CENIT) —i que en el II Pla de Recerca 1997-2000 apareix també per primera vegada l'àrea temàtica d'ordenació del territori, tecnologies de les obres públiques i de la construcció—, no han existit convocatòries de projectes específics. Tot i això, estan apareixent noves oportunitats d'obtenir recursos per a la recerca a través de les grans obres d'infraestructura que s'estan portant a terme (línia 9 del metro, TGV, ampliació del port de Barcelona...), mitjançant con-

venis específics de recerca i transferència de tecnologia dels grups de recerca de Catalunya amb els diferents organismes de la Generalitat, als quals el paper de la universitat és cada vegada més important. Una correcta articulació d'aquest camí, amb una correcta capitalització del coneixement adquirit en aquestes grans obres, pot convertir-se en una oportunitat de caràcter estratègic.

4. RECURSOS

4.1. Introducció

L'objectiu d'aquest capítol és presentar els recursos humans i econòmics que fan possible la recerca i els resultats que comporta. Dins els centres públics de caràcter universitari, només s'han considerat els departaments i centres de la UPC, que és on es focalitza pràcticament la totalitat de l'activitat investigado-

ra, tot i que hi ha altres universitats en les quals es desenvolupen també activitats de tipus docent. Així, per exemple, a la taula 3 apareixen les universitats, el centre docent, les titulacions i el nombre de places ofertes de nou accés a primer cicle per al curs 2003-2004 a tot Catalunya. Per comparació amb les dades del curs 1999-2000 que apareixien a l'anterior report, s'ha de destacar que, tot i una petita davallada pel que fa als estudis d'enginyeria industrial, el nombre de places ofertes al que seria estrictament l'àmbit de l'enginyeria civil i de la construcció s'ha mantingut força estable, i cal indicar que, tot i l'efecte de la davallada demogràfica i la disminució del nombre d'estudiants que accedeixen als estudis universitaris, la demanda de titulacions en aquest àmbit per part dels estudiants ha estat uniforme i, fins i tot, en l'últim curs ha crescut. Aquest bon comportament va associat al fet que l'entorn professional i el mercat laboral de l'enginyeria civil i de la construcció ha passat també aquests últims anys per un període molt dolç. El nombre total de places ofertes

TAULA 3
Universitats i centres docents on s'imparteixen titulacions de l'àmbit *

Universitat	Centre	Estudis	Places
Universitat Politècnica de Catalunya	Escola Tècnica d'Arquitectura de Barcelona	Arquitectura	380
	Escola Tècnica Superior d'Arquitectura del Vallès	Arquitectura	120
		Enginyeria de camins, canals i ports	170
	Escola Tècnica Superior d'Enginyers de Camins, Canals i Ports de Barcelona	Enginyeria tècnica d'obres públiques	225
		Enginyeria geològica	60
	Escola Tècnica Superior d'Enginyers Industrials de Barcelona	Enginyeria industrial	465
Escola Tècnica Superior d'Enginyers Industrials de Terrassa	Enginyeria industrial	260	
	Escola Universitària Politècnica de Barcelona	Arquitectura tècnica	450
Universitat Pompeu Fabra	Escola de Disseny Elisava	Arquitectura tècnica	80
Universitat de Girona	Escola Politècnica Superior	Arquitectura tècnica	110
Universitat Ramon Llull	Escola Tècnica Superior d'Arquitectura La Salle	Arquitectura	60
		Arquitectura tècnica	60
Universitat Internacional de Catalunya	Campus Iradier de la UIC	Arquitectura superior	60

* Informacions obtingudes a través del DURSI (resolució UNI/2057/2003, de 23 de juny, per la qual es fa pública l'oferta de places de nou accés dels centres docents de les universitats públiques de Catalunya per al curs 2003-2004, DOGC núm. 3.920, de 8.7.2003. Les dades referents a la Universitat Ramon Llull (URL) i la Universitat Internacional de Catalunya (UIC) han estat facilitades telefònicament.

dins aquest àmbit el curs 2003-2004 és de 2.580, que en relació amb el total de places ofertes pel sistema universitari català (43.365) representa un 6 %.

S'ha d'assenyalar que no totes les titulacions que apareixen a la taula 3 desenvolupen la seva activitat professional en l'àmbit d'aquest report. Així, dins el camp de l'enginyeria industrial, se situa en aquest àmbit només la part de construccions industrials. Això fa que el pes de l'oferta sigui menor en relació amb les dades que apareixen a la taula 3.

Com a institucions amb personalitat jurídica pròpia externes a la UPC que desenvolupen una activitat de recerca plena dins aquest àmbit i que s'han considerat en l'aportació de dades per si mateixes, s'han considerat les següents:

- Centre Internacional d'Investigació en Recursos Costaners (CIIRC)
- Centre Internacional de Mètodes Numèrics en Enginyeria (CIMNE)
- Centre d'Innovació del Transport (CENIT)
- Institut Català d'Enginyeria Civil (ICEC)
- Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC)
- Institut Ildefons Cerdà (IIC)
- Institut Tecnològic d'Edificació de Catalunya (ITEC)
- Grup R+D del Col·legi d'Aparelladors i Arquitectes Tècnics
- Laboratori General d'Assaigs i Investigacions (LGAIN).

Així mateix hi ha altres institucions, com ara l'Institut de Materials del CSIC, l'Institut d'Estudis Territorials associat a la UPF, comissions específiques de col·legis professionals, alguna empresa privada, que desenvolupen activitats en camps frontera respecte a l'àmbit aquí recollit o bé que tot i que són del camp, no s'ha estimat oportuna la seva inclusió per diverses raons (dificultat de l'obtenció de dades, poca activitat en els darrers anys, etc.). En qualsevol cas la seva influència sobre els resultats presentats amb posterioritat és mínima, per la qual cosa s'estima que no distorsionen la fotografia que representa aquest report.

De la relació d'entitats que desenvolupen activitats de R+D en l'àmbit es dedueix la inexistència d'un centre únic de referència en l'àmbit català, sinó que hi ha diferents centres i institucions que realitzen aquest tipus d'activitat, des de la investigació més bàsica fins als temes de divulgació. Des d'un altre punt de vista, des de la investigació més teòrica fins a la més aplicada, utilitzant eines tant numèriques com experimentals.

4.2. Recursos humans

4.2.1. Distribució per unitats

Per fer l'anàlisi dels recursos humans que realitzen l'activitat investigadora, s'ha considerat com a punt de partida contrastable

els professors ordinaris de l'àmbit de la UPC, que és en la que se centra, principalment, la producció científica. Amb posterioritat s'aporten altres números d'estimacions i que estan subjectes a més variacions temporals. A la taula 4 es presenten els professors dels departaments l'activitat dels quals s'integra plenament en l'àmbit. En aquesta taula s'han desglossat per categories (CU: catedràtic d'universitat; PTU: professor titular d'universitat; CEU: catedràtic d'escola universitària; PTEU: professor titular d'escola universitària; ASS: [professor] associat; TC: temps complet; TP: temps parcial; PAC: personal acadèmic) i, així mateix, s'ha inclòs una columna en què es reflecteix el quocient dels professors amb dedicació a temps complet respecte al nombre total de professors. Finalment, a l'última columna s'indica la variació respecte a les dades de l'anterior report (curs 1997-1998).

Els professors del Departament de Construccions Arquitectòniques I desenvolupen l'activitat investigadora, principalment, a les escoles d'arquitectura de Barcelona i del Vallès, mentre que els professors del Departament de Construccions Arquitectòniques II la desenvolupen principalment a l'Escola Politècnica Superior d'Edificació de Barcelona (fins al curs 2002-2003 anomenada *Escola Universitària Politècnica de Barcelona*). Els professors del Departament d'Enginyeria de la Construcció i el de Resistència de Materials i Estructures en l'Enginyeria desenvolupen l'activitat investigadora a les escoles d'enginyers de camins, canals i ports i a les d'enginyeria industrial de Barcelona i Terrassa. Ara bé, mentre que els del primer Departament esmentat s'inclouen tots a la taula, en el cas del segon només s'hi inclouen aquells que estan assignats a l'ETSECCPB, ja que la resta s'han considerat en el report d'enginyeria industrial. Una situació similar es dona en els professors que desenvolupen l'activitat en el Departament de Matemàtica Aplicada III, ja que aquí s'han considerat només els que realitzen l'activitat a l'ETSECCPB, pel fet d'entendre's que la resta estan inclosos en el report de matemàtiques. La resta dels professors que s'inclouen en els departaments de la taula realitzen la seva activitat en l'esmentada Escola de la UPC.

Tal com ja passava el curs 1997-1998, analitzat a l'anterior report, el Departament d'Infraestructura del Transport i del Territori i el de Construccions Arquitectòniques I destaquen perquè tenen més professors a temps parcial que a temps complet. Aquesta composició permet la participació necessària i activa de professionals, però crea una estructura acadèmica més feble i augura una menor productivitat investigadora en revistes indexades d'alt nivell, tal com es posa de manifest en els resultats presentats posteriorment.

També s'ha de destacar de la taula 4 l'augment de dotze catedràtics d'universitat a l'ETSECCPB, la qual cosa suposa un crei-

TAULA 4
 Recursos humans de professors a la UPC en l'àrea d'enginyeria civil i enginyeria de la construcció (curs 2002-2003)

Departament	CU	PTU+CEU	PTEU	ASS TC	ASS TP	Ràtio TC/Total	Total PAC	Variació respecte al curs 1997-1998
Construccions Arquitectòniques I	10,0	12,0	6,0	4,0	29,0	44,26 %	61	-7
Construccions Arquitectòniques II	—	5,0	19,0	6,0	18,0	62,50 %	48	9
Enginyeria de la Construcció	9,0	7,0	3,0	3,0	13,0	60,00 %	35	-2
Enginyeria del Terreny, Cartogràfica i Geofísica	8,0	9,0	9,0	9,0	5,0	85,00 %	40	5
Enginyeria Hidràulica, Marítima i Ambiental	4,0	11,0	1,0	2,0	12,0	56,67%	30	4
Infraestructura del Transport i del Territori	4,0	6,0	2,0	4,0	24,0	35,00 %	40	-1
Matemàtica Aplicada III	4,0	10,0	5,0	3,0	9,0	70,97 %	31	10
Resistència de Materials i Estructures a l'Enginyeria	7,0	3,0	—	1,0	3,0	78,57 %	14	-2
Àrea de l'enginyeria civil i l'enginyeria de la construcció	46,0	63,0	45,0	32,0	113,0	58,86 %	299	16
Escola Tècnica Superior d'Enginyers de Camins, Canals i Ports de Barcelona	37,0	45,0	14,0	20,0	60,0	64,20 %	176	0
Universitat Politècnica de Catalunya	214,0	820,0	435,0	326,0	705,0	68,36 %	2.500	265
Àrea de l'enginyeria civil / UPC (percentatge)	21,5	7,7	10,3	9,8	16,0	—	—	—
Curs 1997-1998 (percentatge)	18,7	9,0	11,1	7,1	18,8	—	—	—

CU: catedràtic d'universitat; PTU: professor titular d'universitat; CEU: catedràtic d'escola universitària; PTEU: professor titular d'escola universitària; ASS: (professor) associat; TC: temps complet; TP: temps parcial; PAC: personal acadèmic.

Els departaments de Matemàtica Aplicada III i Resistència de Materials i Estructures a l'Enginyeria inclouen el professorat assignat a l'ETSECCPB.

xement proper al 50 % d'aquest tipus de professors, fet que ha comportat també un augment important del percentatge d'aquest col·lectiu dedicat a l'enginyeria civil i de la construcció dins el total de la UPC. Si tenim en compte que l'augment total del nombre de professors ha estat de setze, la majoria dels quals són professors associats a temps parcial, amb poca dedicació a la recerca, i considerem que el nombre d'investigadors de les institucions amb personalitat jurídica pròpia externes a la UPC tampoc s'ha modificat apreciablement, podem concloure que igual que es computava en l'anterior report, el nombre d'investigadors en aquest àmbit a Catalunya es podria estimar en unes cinc-centes

cinquanta persones amb dedicació plena, que, en relació amb el total de personal ocupat en tasques de R+D a Catalunya l'any 2001 (un total de 26.037), representa un percentatge del 2,2 % del total català. S'ha de destacar que, tot i l'augment significatiu d'un 19 % en el nombre d'investigadors a tot Catalunya entre els anys 1999 i 2001 (Maluquer de Motes, 2003), aquest increment no ha tingut repercussió en l'àmbit que aquí ens ocupa. Per tant, i a la vista de la producció que aquestes persones generen (tal com es pot veure al capítol 5), amb resultats molt superiors a aquest percentatge del 2,2 %, es pot afirmar que es tracta d'un col·lectiu d'investigadors amb una alta productivitat.

S'ha de dir també que, per comparació amb les dades del curs 1997-1998, mentre que la ràtio TC/total a l'ETSECCPB ha augmentat en dos punts percentuals, en l'àrea d'enginyeria civil i de la construcció ha baixat un punt; i en el conjunt de la UPC, cinc punts (taula 4).

Els recursos de personal administratiu i de serveis (PAS) són de vegades igual de crítics per tal de permetre una recerca de qualitat, i ofereixen un suport adient per a les tasques acadèmiques i de gestió i com a personal de suport a la recerca. La taula 5 mostra aquests recursos humans pel que fa a la UPC. Es pot apreciar com, tot i que el nombre d'aquest personal ha augmentat considerablement (10 %) al conjunt de la UPC, en l'àmbit que aquí ens ocupa ha tingut un increment nul, i, fins i tot, pel que fa a l'ETSECCPB, hi ha hagut una disminució de sis persones.

4.2.2. Distribució per edats

A la taula 6 es mostra la distribució per edats dels professors de l'ETSECCPB i la seva variació respecte a les dades de l'últim report de recerca (curs 1997-1998). A la taula 7 es pot veure la distribució per edats pel que fa als dos departaments relacionats amb la part de l'edificació del sector de la construcció (Escola d'Arquitectura de Barcelona, Escola d'Arquitectura del Vallès i Escola Politècnica Superior d'Edificació de Barcelona). Respecte a la taula 6, s'ha de dir que no hi ha diferències significatives entre els professors a temps parcial i a temps complet, tot i que s'ha de destacar un progressiu envelliment, i cal remarcar l'increment important del nombre de professors que ja superen els cinquanta i seixanta anys, la qual cosa també es posa de manifest en l'àmbit de l'edificació (taula 7).

TAULA 5

Recursos humans de personal d'Administració i serveis a la UPC en l'àrea d'enginyeria civil i enginyeria de la construcció (curs 2002-2003)

Departament	Administratius	Laboral	Total PAS	Variació respecte al curs 1997-1998
Construccions Arquitectòniques I	3	2	5	-2
Construccions Arquitectòniques II	3	1	4	3
Enginyeria de la Construcció	4	8	12	0
Enginyeria del Terreny, Cartogràfica i Geofísica	4	6	10	2
Enginyeria Hidràulica, Marítima i Ambiental	1	6	7	-1
Infraestructura del Transport i del Territori	1	2	3	-1
Matemàtica Aplicada III	4	1	5	2
Resistència de Materials i Estructures a l'Enginyeria	1	1	2	-3
Total de departaments de l'àrea d'enginyeria civil i enginyeria de la construcció	21	27	48	0
	43,8 %	56,3 %	100 %	-
Escola Tècnica Superior d'Enginyers de Camins, Canals i Ports de Barcelona	15	19	34	-6
	44,1 %	55,9 %	100 %	-
Universitat Politècnica de Catalunya*	581	648	1.229	111
	47,3 %	52,7 %	100 %	-
Curs 1997-1998	43,6 %	56,4 %	-	-

PAS: personal administratiu i de serveis.

Els departaments de Matemàtica Aplicada III i Resistència de Materials i Estructures a l'Enginyeria inclouen el PAS assignat a l'ETSECCPB.

* Les dades que apareixen en el report del 2000 pel que fa a aquest apartat són incorrectes. Les dades correctes són les següents:

Curs 1997-1998	Administratius	Laboral	Total PAS
Universitat Politècnica de Catalunya	488	630	1.118
	43,6 %	56 %	100 %

TAULA 6
Distribució de l'edat dels professors a la UPC en l'entorn de l'ETSECCPB
a l'àrea d'enginyeria civil i enginyeria de la construcció (curs 2002-2003)

Departament	Dedicació	Mitjana d'edat	Menys de 30 anys	30-40 anys	40-50 anys	50-60 anys	Més de 60 anys	Total
Enginyeria de la Construcció	TC	45,3	2	5	5	6	3	21
	TP	47,9	0	6	0	6	2	14
Enginyeria del Terreny, Cartogràfica i Geofísica	TC	43,1	1	9	16	8	0	34
	TP	45,7	0	2	1	2	1	6
Enginyeria Hidràulica, Marítima i Ambiental	TC	46,2	0	6	6	3	2	17
	TP	45,7	0	5	2	6	0	13
Infraestructura del Transport i del Territori	TC	49,1	0	3	4	3	4	14
	TP	47,5	1	4	11	5	5	26
Matemàtica Aplicada III	TC	40,9	2	8	9	3	0	22
	TP	36,7	1	4	4	0	0	9
Resistència de Materials i Estructures a l'Enginyeria	TC	48,5	0	2	3	5	1	11
	TP	34,0	0	3	0	0	0	3
<i>Total</i>	—	44,9	7	57	61	47	18	190
Variació respecte al curs 1997-1998	—	2,2	-3	-7	-2	16	14	—

TC: temps complet; TP: temps parcial.

Els departaments de Matemàtica Aplicada III i Resistència de Materials i Estructures a l'Enginyeria inclouen l'activitat del professorat assignat a l'ETSECCPB.

TAULA 7
Distribució de l'edat dels professors a la UPC en l'entorn de les escoles d'arquitectura
a l'àrea d'enginyeria de la construcció

Departament	Dedicació	Mitjana d'edat	Menys de 30 anys	30-40 anys	40-50 anys	50-60 anys	Més de 60 anys	Total
Construccions Arquitectòniques I	TC	53,0	0	1	7	14	5	27
	TP	51,4	1	0	12	17	4	34
Construccions Arquitectòniques II	TC	50,3	1	4	8	11	6	30
	TP	37,0	6	8	2	1	1	18

TC: temps complet; TP: temps parcial.

El fet que a aquest increment s'afegeixi una disminució del nombre de professors més joves, ens indica que, si no es prenen solucions que inverteixin la tendència, d'aquí a uns anys no es podrà produir de manera normal el relleu generacional lògic d'aquelles persones que es jubilin, i ens trobarem amb dos

grups d'investigadors ben diferenciats, el d'aquells que estan a punt de jubilar-se i el d'aquells que fa pocs anys que s'han incorporat a la institució, la qual cosa produirà un buit important en la generació intermitja, que és, normalment, la que presenta una producció de recerca i transferència de tecnologia més im-

portant. Aquest és, per tant, un aspecte que cal considerar si es vol que el volum de producció en recerca es mantingui com a mínim constant en els propers anys.

5. RESULTATS CIENTÍFICS I DE TRANSFERÈNCIA DE TECNOLOGIA

5.1. Introducció

El capítol està dividit en dues parts. A la primera es presenten els resultats de caràcter més científic, mentre que en l'apartat final es fa referència als aspectes de tipus econòmic i transferència de tecnologia lligats als projectes de R+D.

5.2. Resultats de l'àmbit científic

5.2.1. Participació en els programes marc de la UE

Ateses les característiques específiques del Programa Marc (PM) com són la seva transnacionalitat, alta competitivitat, especificitat i el fet que les ajudes s'assignin sobre la base d'una convocatòria oberta i competitiva, el fet que un grup de recerca rebí finançament d'aquest programa és considerat com un indicador de qualitat, perquè requereix un cert grau d'excel·lència, de connexió internacional i de flexibilitat per tal de poder adaptar-se a les línies prioritàries de cada Programa. En aquest sentit, s'ha de dir que les línies prioritàries són les tecnologies de la informació, les industrials i les ciències de la salut, de ma-

TAULA 8
Finançament (en milions d'euros) del IV i V Programa Marc de la UE

a) IV Programa Marc amb subprogrames amb més participació dels grups d'enginyeria civil i de la construcció¹

Subprograma	Catalunya		Andalusia total	Cantàbria total	València total	Galícia total	Madrid total	Total IV PM	
	Total	Àrea EC i EC						Espanya	Unió Europea
Tecnologies industrials i materials	18,7	1,4	3,1	1,6	7,1	0,4	26,2	99,9	1.664
Medi ambient i clima	9,1	0,8	4,2	0,4	2,9	0,2	11,2	32,5	527,9
Ciència i tecnologia marina	4,6	1,4	1,0	0,3	0,5	0,9	3,2	13,3	176,5
Seguretat de la fissió nuclear	*	0,3	*	*	*	*	*	8,8	133,2
Formació i mobilitat	19,9	1,3	10,7	0,9	6,5	0,9	18,3	68,8	741,9
Inversió total IV PM	138,1	5,2	47,1	5,9	43,8	11,9	276,9	664	10.519

b) V Programa Marc (xifres totals)^{2**}

Total	Catalunya		Andalusia	Cantàbria	València	Galícia	Madrid	Espanya	Unió Europea
	Àrea EC i EC								
125,4	6,4		41,6	5,7	33	12,5	237,1	570	9.344

EC i EC: enginyeria civil i enginyeria de la construcció; PM: programa marc.

* Dades no disponibles.

** Dades provisionals 1999-2001.

1. Font: Informe final de resultats del IV Programa Marc de R+D de la UE (1994-1998) / MCT, CTT de la UPC, CIMNE i CIIRC.

2. Font: Memòria d'activitats de R+D+I 2001 / MCT, CTT de la UPC, CIMNE i CIIRC.

nera que, com ja hem comentat, ni l'enginyeria civil ni la de la construcció han estat àrees prioritàries de manera general ni en el IV ni V programes marc. Per tant, no es pot examinar cap dels subprogrames de manera global per identificar el finançament rebut pels grups de l'àrea de l'enginyeria civil i l'enginyeria de la construcció.

Dins el període del present report hi tenen cabuda el IV i V programes marc de la UE. El primer s'ha desenvolupat en el període 1994-1998 i el segon en el període 1998-2002. A la taula 8, i pel que fa al IV Programa Marc, es mostren els resultats per subprogrames, on la participació de l'àrea d'enginyeria civil i de la construcció ha estat més significativa. També s'inclouen les xifres totals per a Espanya, Catalunya i les comunitats on hi ha alguna escola de camins o arquitectura. Tanmateix, es recullen també les dades globals pel que fa al V Programa Marc en el període 1999-2001. En aquest cas, les dades són encara provisionals, pendents del tancament del Programa, i no hi figuren, per tant, les corresponents a l'any 2002. Per tal de conèixer el finançament dins l'àrea d'enginyeria civil i de la construcció, la taula 8 presenta les dades del finançament gestionat a través del CTT de la UPC, el CIMNE i el CIIRC.

Pel que fa als resultats del IV Programa Marc, el finançament rebut a tot Espanya és un 6,3 % de tota la UE, i Catalunya representa un 21 % del total espanyol. L'àrea d'enginyeria civil i de la construcció representa el 3,8 % de tot Catalunya i el 0,8 % del total espanyol. La xifra global de l'àrea a Catalunya dins el IV Programa Marc suposa un 0,05 % dels recursos totals de la UE. Per subprogrames, cal destacar que en relació amb el conjunt de l'Estat, Catalunya representa el 28 % en medi ambient i clima i el 35 % en ciència i tecnologia marines.

Pel que fa al V Programa Marc, veiem que fins a l'any 2001, el finançament rebut a tot Espanya representa un 6,1 % del total de la UE, i a Catalunya representa un 22 % del total espanyol. L'àrea d'enginyeria civil i de la construcció a Catalunya representa un 5,1 % del total català, un 1,1 % del total espanyol i un 0,068 % del total per a la UE. Si hi incloem també les xifres corresponents a l'any 2002 (de les quals es disposen ja per part del CTT, CIMNE i CIIRC), el finançament pel que fa a aquesta àrea puja fins als 8,6 M€. Tenint en compte que globalment el V Programa Marc ha distribuït un total de 14.960 M€ (total del programa) fins a l'any 2002, aquesta xifra suposa un 0,057 % de tot el V Programa Marc, lleugerament superior al 0,056 % obtingut en el IV Programa.

A tot l'Estat espanyol, un 22 % de tots els projectes d'aquesta àrea reben finançament europeu.

En conjunt, dins el període del report el volum de recursos per a projectes europeus a les àrees d'enginyeria civil i de la construcció a Catalunya ha estat de 12 M€. Els resultats tant

del IV com V Programa Marc són especialment destacables si es té present que l'àrea de l'enginyeria civil i de la construcció no ha estat prioritària en cap dels dos programes, de manera que els investigadors s'han hagut d'adaptar a les prioritats marcades des d'Europa per tal de trobar un nínxol de finançament, redirigint les tasques prioritàries de recerca cap a àrees moltes vegades a la frontera del que representa l'àrea d'enginyeria civil. Així, els indrets on han aconseguit entrar han estat en el desenvolupament d'eines computacionals de suport a la indústria, les tecnologies de materials estructurals, la hidrologia, l'enginyeria costanera i marítima, la caracterització del terreny per a l'emmagatzematge de residus i la tecnologia de l'aigua. Amb vista al VI Programa Marc (2003-2006), les perspectives són encara més desfavorables per a aquesta àrea, ja que encara queden més desdibuixades les possibles àrees estratègiques a les quals l'àrea d'enginyeria civil i de la construcció pot demanar finançament.

5.2.2. Participació en programes de l'MCT

Un nombre important dels projectes de R+D (55 %) d'aquesta àrea ha tingut finançament de programes de l'Estat (Pla Nacional 2000-2003). En el període 1996-2002 el volum de recursos obtingut pels centres de recerca catalans en els programes de l'Estat ha estat de 12 M€, xifra igual a l'ingressada per projectes europeus. Si tenim en compte que el volum econòmic d'aquest finançament és del 20 % del total dels recursos a Catalunya, podem concloure que es tracta de projectes que reben un volum de recursos per projecte més aviat petit, sobretot si ho comparem amb els projectes europeus, on s'arriba a un volum semblant de recursos però amb un nombre molt més petit de projectes (22 %). En qualsevol cas, el fet del nombre elevat de projectes finançats pel Pla Nacional de Ciència i Tecnologia, així com el fet que un gran nombre siguin projectes que es desenvolupen a Catalunya, és una mostra evident del vigor de l'àrea d'enginyeria civil i de la construcció pel que fa a la recerca, més encara si tenim en compte que fins ben recentment no han tingut una línia específica de finançament, de manera que igual com ha passat amb els projectes europeus, els investigadors han hagut d'adaptar-se i introduir-se en programes no específicament d'aquest àmbit, sinó pertanyents a àmbits que podríem anomenar *frontera*.

5.2.3. Publicacions d'excel·lència

El nombre d'articles publicats a revistes de prestigi reconegut internacionalment és possiblement l'indicador d'excel·lència científica i generació de coneixement més utilitzat arreu del món, atès el seu caràcter objectiu i contrastable. En aquest apartat s'analitzen les dades de publicacions de l'àrea d'enginyeria civil

i enginyeria de la construcció a la ciutat de Barcelona i a la UPC, en relació amb la d'altres ciutats i universitats europees.

5.2.3.1. METODOLOGIA

L'Institute for Scientific Information (ISI) publica anualment el *Science Citation Index* (SCI) on es recullen les citacions que ha rebut qualsevol article des de les revistes, que anomenarem *indexades*, més ben considerades dins els seus àmbits. Aquesta informació, que és extraordinàriament útil per a recerca bibliogràfica, s'ha anat fent servir per classificar les revistes d'acord amb l'impacte (nombre de citacions) mitjà dels articles que publiquen. En particular, s'anomena *factor d'impacte* (FI) *d'un any base* el nombre mitjà de citacions rebudes pels articles d'una revista dins els dos anys anteriors a l'any base dividit pel nombre d'articles publicats en aquella revista durant aquest període de dos anys. És habitual fer servir l'FI com a indicador absolut de qualitat d'una revista.

S'ha optat per restringir l'ús de l'FI a la selecció de les revistes més significades de cada àmbit de l'enginyeria civil i de la construcció, perquè els FI d'enginyeria són baixos i no es poden comparar amb els d'altres àrees. Això és pel fet que els articles dels enginyers tendeixen a tenir un component professional que fa que hagin d'estar sotmesos a un llarg període d'avaluació abans d'ésser publicats, per la qual cosa reben la majoria de les citacions després de dos anys, cosa que no queda reflectida en l'FI (de fet, hi ha un altre indicador, el factor d'immediatesa, que plasma la difusió dels articles en els primers anys després de la publicació). A més, la majoria dels lectors que fan servir els resultats de l'article en poden no escriure, ja que tenen una activitat marcadament professional i no acadèmica, per la qual cosa el nombre de citacions només reflecteix una part de l'impacte real dels articles. Finalment, una bona part de la recerca que es fa en enginyeria requereix una validació pràctica abans d'ésser publicada, i per això el nombre d'articles (i, per tant, de citacions) publicats pels enginyers tendeix a ésser baix. Per tot això, l'FI només s'ha fet servir per seleccionar les revistes més representatives de cada àmbit d'enginyeria civil i de la construcció (taula 9). Tot i això, és destacable el fet que en comparar els valors de l'FI del 2002 respecte als del 1997 (report anterior), s'observa un increment de l'FI en pràcticament totes les revistes. També ha crescut significativament l'FI mitjà de cada categoria. Amb la finalitat de poder obtenir uns resultats que es puguin comparar amb els de l'anterior report, s'ha optat per utilitzar les mateixes revistes, però se n'han afegit algunes més, sobretot en l'àrea de la tecnologia de la construcció, per tal de tenir dades encara més representatives. Així doncs, l'anàlisi final de les publicacions d'excel·lència s'ha fet amb els articles publicats a les revistes que apareixen a la taula 9.

Hem extret de l'SCI tots els articles publicats en aquestes revistes i originats a les ciutats europees on es troben les escoles d'enginyeria civil i arquitectura de més prestigi (la cerca s'ha fet per ciutats per facilitat pràctica). Per tal d'aconseguir un estudi comparatiu encara més complet, a les ciutats de l'anterior report (Londres, París, Zuric, Delft, Darmstadt, Milà, Estocolm i Barcelona) s'han afegit Göteborg, Berlín, Karlsruhe i Copenhaguen, atès que també hi ha universitats amb centres d'enginyeria civil importants. A Zuric s'afegeix tota la producció de la Universitat Politècnica, que és federal i té seus importants a altres ciutats.

Igual que en el report anterior, hem definit *contribució* (d'una ciutat a una revista) com la relació, expressada per mil, entre el nombre d'articles publicats en aquesta ciutat i el total de la revista. És a dir, una contribució de cinc vol dir que de cada mil articles publicats a la revista, cinc provenen de la ciutat en qüestió. S'han definit tres àmbits que són el d'enginyeria de la construcció i computacional, enginyeria hidràulica i geotècnica i enginyeria marítima i ambiental. La contribució d'una ciutat a un àmbit és la mitjana de les contribucions de la ciutat a totes les revistes de l'àmbit. Finalment, es pot definir, amb reserves, la contribució d'una ciutat al coneixement dins l'àmbit de l'enginyeria civil i enginyeria de la construcció com la mitjana de les contribucions als tres àmbits considerats.

Les contribucions calculades, tant globals com per àmbits de les ciutats esmentades, queden reflectides a la figura 1, on s'han representat les contribucions en tant per mil per al trienni 2000-2002 *versus* les del trienni 1997-1999. Aquesta figura es pot mirar segons l'eix vertical (per exemple, Barcelona ha estat la tercera ciutat més productora de coneixements en l'àmbit d'enginyeria civil i enginyeria de la construcció per al període 2000-2002), segons l'eix horitzontal (Barcelona ja era també tercera en el període 1997-1999) o segons la posició relativa a la línia a 45° que ens indica el creixement o decreixement relatiu entre els dos períodes (Delft ha estat la ciutat que més ha crescut en termes de contribució entre els períodes 1997-1999 i 2000-2002).

Els mateixos càlculs s'han fet per a les universitats tecnològiques d'aquestes ciutats (cal recordar que la tria de ciutats es va dur a terme pel fet de ser seus de les universitats tecnològiques més reconegudes d'Europa). Els resultats es reflecteixen a la figura 2. La nomenclatura emprada és la següent: IC: Imperial College, Londres; ETH: Institut Federal Suís de Tecnologia, Zuric; UPC: Universitat Politècnica de Catalunya; Milà: Universitat Politècnica de Milà; Delft: Universitat de Tecnologia de Delft; KTH: Reial Institut de Tecnologia de Suècia; ENPC: Escola Nacional de Ponts i Camins, París; TUDAR: Universitat Politècnica de Darmstadt; TUB: Universitat Tècnica de Berlín; UFK: Univer-

TAULA 9
 Revistes considerades per analitzar les publicacions d'excel·lència (JCR 2001)

Títol de la revista indexada	FI de la revista	Categories amb FI	FI mitjà de la categoria
<i>ACI Structural Journal</i>	0,435	Construction & Building Technology /	0,381
		Civil Engineering	0,353
<i>Cement and Concrete Research</i>	0,738	Construction & Building Technology	0,381
<i>Coastal Engineering</i>	0,660	Ocean Engineering	0,384
<i>Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering</i>	0,913	Mechanical Engineering	0,604
<i>Engineering Structures</i>	0,415	Civil Engineering	0,353
<i>Geotechnique</i>	0,714	Geological Engineering	0,442
<i>International Journal for Numerical Methods in Engineering</i>	1,239	Computer Science Applied Mathematics	0,600
<i>International Journal of Numerical and Analytical Methods in Geomech</i>	0,459	Geological Engineering	0,442
<i>Journal of Coastal Research</i>	0,624	Environmental Sciences	1,034
<i>Journal of Hydraulic Engineering-ASCE</i>	0,69	Civil Engineering	0,353
<i>Journal of Hydrology</i>	1,301	Water Resources	0,663
<i>Journal of Structural Engineering ASCE</i>	0,732	Construction & Building Technology /	0,381
		Civil Engineering	0,353
<i>Water Research</i>	1,376	Environmental Engineering	0,684
		Water Resources	0,663
<i>Water Resources Research</i>	1,757	Water Resources	0,663

stitut de Karlsruhe; TUDEN: Universitat Politècnica de Dinamarca, Copenhaguen; UPM: Universitat Politècnica de Madrid; UPV: Universitat Politècnica de València; Chalmer: Universitat de Chalmer, Goteborg. Val a dir, però, que algunes universitats no són consistents en la nomenclatura utilitzada per citar la universitat a la qual pertanyen els autors dels articles. Aquest problema és particularment greu a la UPC, que apareix en català i en espanyol com a UPC i de diverses maneres en anglès. Una cosa semblant passa també amb la Technische Hochschule de Karlsruhe i de Berlín i la Universitat Politècnica de Dinamarca a Copenhaguen-Lingby. Per aquest motiu, els resultats corresponents a aquestes tres universitats s'han d'analitzar amb precaució. Només l'ETH i l'IC fan servir sempre el mateix nom.

5.2.3.2. DISCUSSIÓ

Primerament, hem de remarcar que els resultats que s'acaben de presentar a les figures 1 i 2 i que tot seguit comentarem no

són directament comparables amb els del report anterior, perquè en el present estudi s'han augmentat tant el nombre de revistes analitzades, com el nombre de ciutats i d'universitats. Per tant, les comparacions que es fan en el text que segueix a continuació tenen en compte aquest fet i, en alguns casos, els comentaris que es fan no es poden extreure directament de la simple comparació entre els gràfics d'aquest report i els de l'anterior.

Pel que fa a la contribució total de les diferents ciutats (figura 1), es pot veure com resta força constant al llarg del període (pràcticament totes les ciutats es troben a la diagonal), amb dues excepcions destacades, la Universitat de Delft, que destaca pel seu increment notable i la de Londres, que ho fa pel seu decreixement. Això destaca en relació amb el període analitzat en el report anterior, on s'observava el creixement important a totes les ciutats analitzades des del període 1989-1993 fins al període 1994-1998. Barcelona ha tingut un descens moderat.

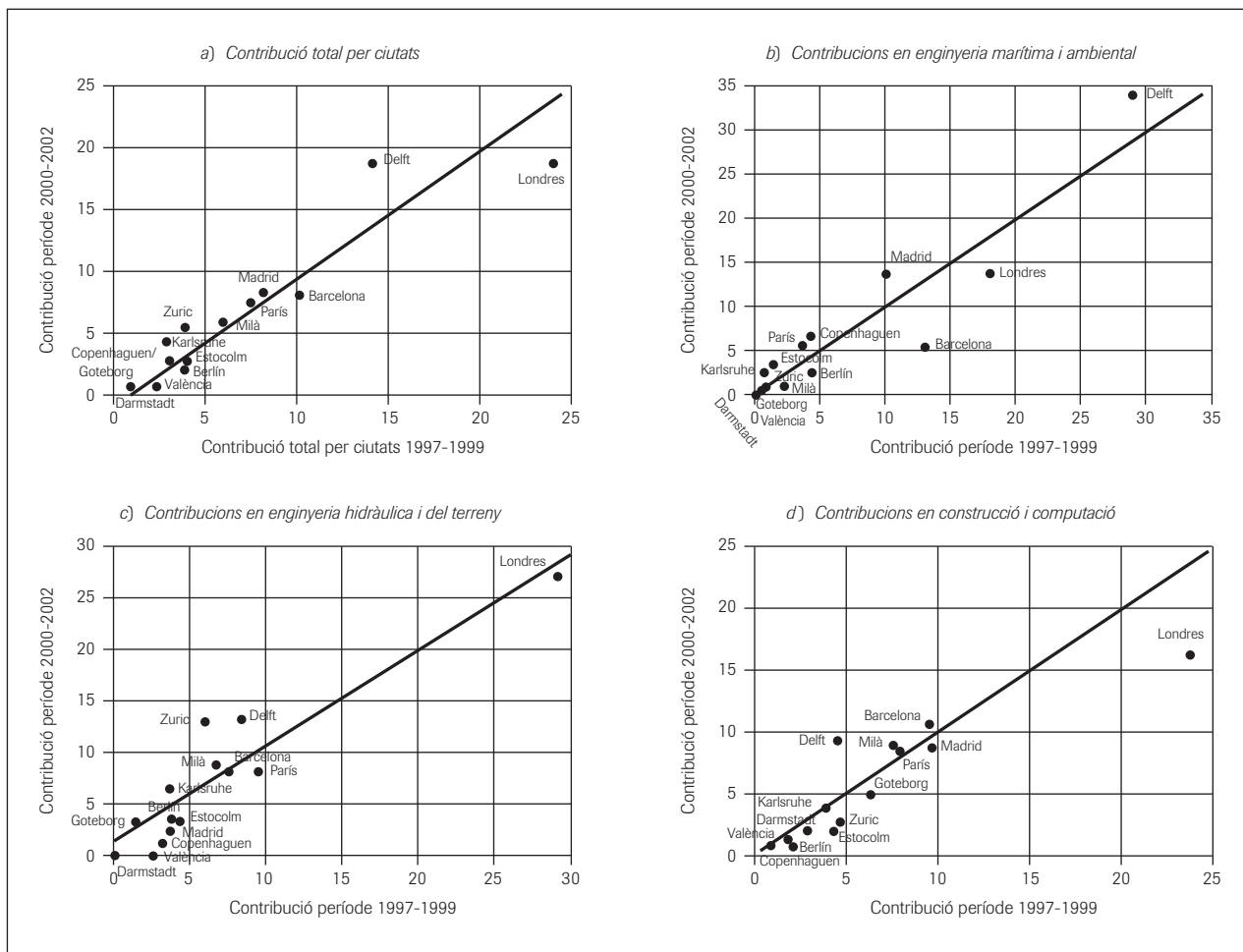


FIGURA 1. Contribucions de les ciutats europees amb universitats politècniques de reconegut prestigi a les publicacions en revistes d'exceïlència.

S'ha de tenir en compte que en el report anterior Barcelona destacava com una de les ciutats que més havia crescut en els períodes 1989-1993 i 1994-1998. En qualsevol cas, Barcelona ha passat del quart al tercer lloc. L'anàlisi més detallada ens permet veure que aquest creixement tan important es devia al fet que es partia d'un valor molt baix a començament dels anys noranta (3 ‰) i que un cop assolit un cert nivell, aquest resulta més difícil de superar. Tenint en compte que molt probablement ara ens trobem ja en una situació estabilitzada, sembla que el valor de la contribució de Barcelona a l'àrea d'enginyeria civil i enginyeria de la construcció es podria considerar estabilitzat en un entorn del 9 ‰. El motiu que la contribució s'hagi triplicat en un període de deu anys, l'hem de trobar en la forta pressió que ha suposat el fet que la publicació en revistes d'alt nivell fos un dels mèrits més valorats a l'hora de la promoció dins la universi-

tat, juntament amb l'increment de recursos aconseguit pels centres de recerca de Barcelona pel que fa a convocatòries de tipus competitiu (projectes MCT i projectes europeus). El que posa de manifest la figura 1 per comparació amb la mateixa figura del report anterior és que un cop assolit aquest nivell a l'entorn del 9 ‰, augmentar o fins i tot mantenir-se resulta molt més difícil. Podríem, per tant, dir que el volum de la contribució per part d'Europa, i en particular de Barcelona, a l'àrea d'enginyeria civil i de la construcció es troba ja consolidat, o en tot cas, podrà tenir lleugers increments.

Una cosa que crida l'atenció de la figura 1, és com Delft ha mantingut un creixement continu que l'ha portat a estar al mateix nivell que Londres, quan en el període 1994-1998 el volum de Londres era pràcticament el doble. Tant Londres com Delft contribueixen cadascuna actualment en un 20 ‰ al que po-

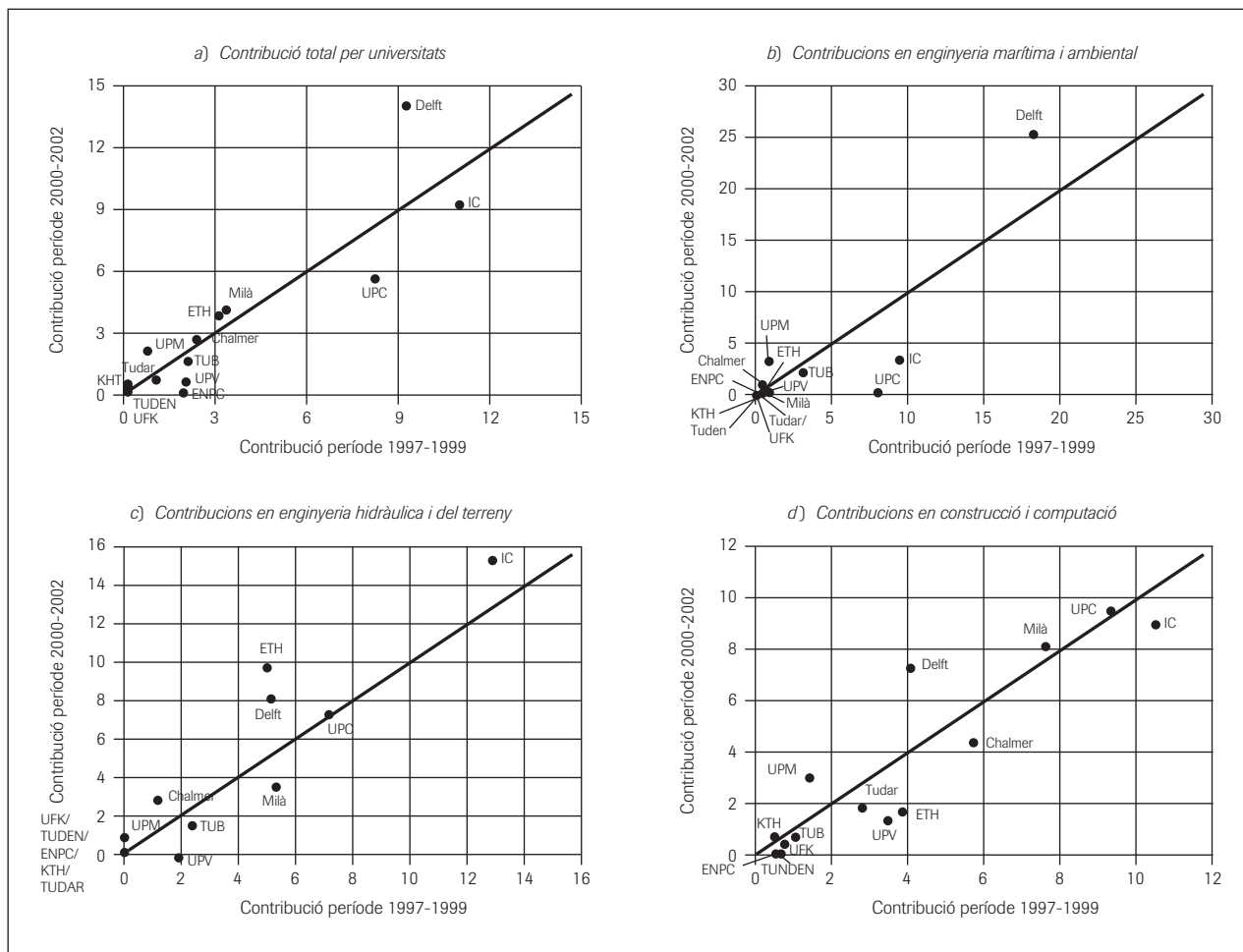


FIGURA 2. Contribució de les universitats politècniques europees més prestigioses a les revistes d'excel·lència de l'àrea d'enginyeria civil i de la construcció. IC: Imperial College, Londres; ETH: Institut Federal Suís de Tecnologia, Zúric; UPC: Universitat Politècnica de Catalunya; Milà: Universitat Politècnica de Milà; Delft: Universitat de Tecnologia de Delft; KTH: Reial Institut de Tecnologia de Suècia; ENPC: Escola Nacional de Ponts i Camins, París; TUDAR: Universitat Politècnica de Darmstadt; TUB: Universitat Tècnica de Berlín; UFK: Universitat de Karlsruhe; TUDEN: Universitat Politècnica de Dinamarca, Copenhaguen; UPM: Universitat Politècnica de Madrid; UPV: Universitat Politècnica de València; Chalmer: Universitat de Chalmer, Goteborg.

dríem anomenar *coneixement mundial* en l'àmbit de l'enginyeria civil i enginyeria de la construcció. Ara fa set anys la contribució era del 30 i 12 ‰, respectivament. En tot cas, ambdues ciutats segueixen representant el 40 ‰. Si hi sumem Barcelona, estaríem en l'entorn del 50 ‰. Barcelona continua tenint una presència important en tots els àmbits.

La reducció en el cas de Londres no ha estat tant per la davallada en la contribució de l'IC, que segueix estant en el 10 ‰, mantingut pràcticament des de començament dels anys noranta, com per la de la resta d'universitats tècniques o centres de recerca d'aquesta ciutat. En canvi, una bona part de l'increment que ha experimentat Delft ha estat precisament per l'increment en

la contribució de la seva universitat (que ha passat del 9 al 14 ‰), respecte de les empreses privades.

Pel que fa a la contribució total per universitats (figura 2), destaca l'increment important durant l'últim quadrienni de la Universitat de Tecnologia de Delft, que la porta a ser la capdavantera, i pren el primer lloc a l'IC. S'ha de destacar també que la UPC, tot i que modera la seva velocitat de creixement, passa a ser la tercera globalment (en el report anterior era quarta per darrere també de l'ETH), i és superada només per Delft i l'IC, que tenen un volum notablement més gran. La contribució de la UPC al total de Barcelona segueix essent pràcticament la mateixa (6 ‰) que ja tenia ara fa uns anys. S'ha de destacar també el

creixement a la UPM, tot i que es manté en valors encara baixos, així com la davallada important de l'ENPC. Això s'ha d'entendre dins el canvi estratègic quant a continguts que s'hi ha produït, en el sentit de tendir cap a currículums més orientats a la gestió, la direcció, el *business*, i a incidir menys en els aspectes purament tècnics d'enginyeria civil. La UPC ha passat, doncs, de ser la sisena en el període 1989-1993 a ser la quarta en el període 1994-1998, i la tercera en el període 1999-2002.

El lloc destacat que ocupa la UPC ho és encara més si ens fixem en l'àmbit de la construcció i computació, on, tal com ja passava en el període anterior (1989-1996) se situa com la universitat capdavantera, fins i tot augmenta lleugerament des d'un 8 ‰ fins a un 9,5 ‰. També s'ha de destacar el creixement considerable de la Universitat de Tecnologia de Delft en l'àmbit de l'enginyeria de la construcció i computacional, el qual, tradicionalment, no ha estat en el que més ha destacat. En l'estudi anterior se situava en el lloc setè, mentre que actualment ha passat a ocupar el quart lloc.

La UPC genera al moment present el 7,5 ‰ dels articles en publicacions de prestigi en l'àmbit de l'enginyeria hidràulica i del terreny (en l'anterior report la xifra era del 5 ‰). Tot i l'augment de la producció, ha passat del tercer al quart lloc, ja que ha estat superada per la Universitat de Tecnologia de Delft, la qual, també en aquest àmbit, s'ha mostrat particularment activa en els últims anys. Tot i això, la relació entre la UPC i l'IC, que en el report anterior era d'1 a 4, s'ha reduït considerablement fins a ser d'1 a 2, i passa, per tant, a formar part del grup dels més productius juntament amb IC, ETH i Delft, i queden en un segon grup la resta d'universitats considerades.

On s'ha produït una disminució més important del nombre de publicacions notables de la UPC és en l'àmbit de l'enginyeria marítima i ambiental, on la Universitat de Tecnologia de Delft segueix tenint una posició de lideratge. La UPC ha passat del quart al vuitè lloc. La davallada important en aquest àmbit ha fet que tot i l'increment que s'ha produït en els altres dos, en conjunt s'observi una desacceleració en la producció científica en revistes indexades de la UPC, i queda clarament per sota de la diagonal, tal com s'observa a la figura 2.

En resum, podem dir que l'àrea d'enginyeria civil i enginyeria de la construcció de la UPC segueix essent excel·lent. Al continent europeu només es veu superada per la Universitat de Tecnologia de Delft i l'IC, centres que tenen una grandària, un finançament, un suport institucional i una tradició en aquesta àrea específica molt superiors als de la UPC. La UPC genera el 6 ‰ dels articles publicats en tot el món en temes d'enginyeria civil; els valors en àmbits més específics són del 9,5 ‰ en l'àmbit d'enginyeria de la construcció i computacional i del 7,5 ‰ en l'àmbit d'enginyeria hidràulica i del terreny.

5.2.4. Altres publicacions i congressos

La productivitat en recerca té moltes més dimensions que els articles en revistes indexades vistos amb anterioritat, com ara comunicacions i ponències en congressos, articles en revistes nacionals, monografies, patents, llibres, etc. La UPC, amb caire pioner a l'Estat, fa anys que ha implantat un sistema d'avaluació de la producció dels seus professors que pondera les diverses contribucions amb un pes o punts d'activitat de recerca (PAR) i punts d'activitat de transferència de tecnologia (PATT) per professor equivalent a dedicació plena (EDP). Dins el càlcul d'EDP s'inclouen els professors, els investigadors i els becaris graduats (a partir del tercer any de beca). A la taula 10 es mostren els punts PAR i PATT per EDP corresponents al curs 2001-2002 i per departaments de la UPC. Els punts PAR tipus 1 són aquelles activitats de recerca de qualitat contrastada, és a dir, que es té constància que han estat sotmeses a processos de revisió o de validació per experts. Per tant, tindrien un valor de qualitat comparable al dels articles en revistes indexades, tot i que aquí no només hi apareixen articles, sinó també comunicacions a congressos. Es tracta, per tant, de comunicacions a congressos molt consolidades i amb un gran prestigi dins l'enginyeria civil i l'enginyeria de la construcció. Els punts PAR tipus 2 fan referència a la resta d'activitats. Els EDP fan referència tant als professors com a investigadors. La columna de la dreta «Actius (percentatge)» indica el percentatge de professors i investigadors a temps complet que generen tres o més punts PAR anual (puntuació que es pot assolir normalment amb una única publicació).

La taula 10 mostra que l'àrea d'enginyeria civil i enginyeria de la construcció produeix un 38 % més en recerca que la mitjana de la UPC, i el valor és del 19 % si ens fixem només en la recerca de qualitat contrastada. En transferència de tecnologia (punts PATT), el magnificador puja al 60 %. L'ETSECCPB és, i ho ha estat durant molts anys, la primera de la UPC pel que fa al nombre de punts PAR per EDP, amb un valor de 35,14 PAR/EDP el curs 2001-2002.

A la taula 11 es pot veure com es distribueixen les activitats de recerca, així com els corresponents punts PAR tipus 1 i 2 a l'ETSECCPB del curs 2001-2002. Pel que fa a la comparació amb els resultats de l'anterior report, s'ha produït un increment del 43 % dels punts PAR totals i es pot veure com els punts de recerca que més han augmentat són els corresponents a premis (208 %), articles en revistes (112 %) i actes de congressos (58 %), mentre que els que més han disminuït són l'edició de llibres (-80 %) i els llibres (-55 %).

A les taules 12 i 13 apareixen els mateixos resultats pel que fa als departaments amb docència a les escoles d'arquitectura i arquitectura tècnica de la UPC corresponents també al curs 2001-2002.

TAULA 10
Distribució dels professors EDP i els punts PAR i PATT de l'àrea de l'enginyeria civil i l'enginyeria de la construcció a la UPC
(curs 2001-2002)

Departament	EDP	PAR	PAR/ EDP	PAR tipus 1	PAR tipus 1 /EDP	PATT	PATT /EDP	Actius (percentatge)
Construccions Arquitectòniques I	29	1.138,68	39,26	271,00	9,34	1.981.138	68.315	37,9
Construccions Arquitectòniques II	30	327,73	10,92	19,23	0,64	827.783	27.593	44,9
Enginyeria de la Construcció	29	965,42	33,29	549,50	18,95	1.801.612	62.125	52,8
Enginyeria del Terreny, Cartogràfica i Geofísica	43	1.235,05	28,72	701,50	16,31	2.400.192	55.818	53,7
Enginyeria Hidràulica, Marítima i Ambiental	24	716,57	29,86	544,00	22,67	1.865.859	77.744	51,7
Infraestructura del Transport i del Territori	16	390,37	24,40	116,00	7,25	1.407.671	87.979	36,6
Matemàtica Aplicada III	22	869,17	39,51	611,33	27,79	299.162	13.598	60,7
Resistència de Materials i Estructures a l'Enginyeria	11	314,63	28,60	217,66	19,79	126.917	11.538	69,2
<i>Total de departaments de l'àrea d'enginyeria civil i enginyeria de la construcció</i>	204	5.957,61	29,20	3.030,22	14,85	10.710.335	52.502	50,9
<i>Total de departaments i instituts de la UPC</i>	1.733	36.675,11	21,16	21.665,00	12,50	56.881.253	32.822	45,9

TAULA 11
Escandall de la producció en recerca de l'ETSECCPB (2001-2002)

Nombre d'activitats			Punts de recerca		
Activitat	Tipus 1	Tipus 2	Activitat	Tipus 1	Tipus 2
Actes de congressos	16	257	Actes de congressos	66,00	701,60
Articles en revistes	86	78	Articles en revistes	1.363,67	233,80
Capítols de llibre	4	44	Capítols de llibre	14,00	46,00
Edició de llibres	1	4	Edició de llibres	12,00	8,00
Llibres	2	16	Llibres	36,00	109,33
Patents	2	—	Patents	18,00	—
Premis extraordinaris de doctorat	1	—	Premis extraordinaris de doctorat	6,00	—
Premis	9	—	Premis	40,17	—
Reports de recerca	—	233	Reports de recerca	—	152,42
Tesis dirigides	31	—	Tesis dirigides	326,00	—

Tipus 1: són aquelles activitats de recerca de qualitat contrastada, és a dir, de les quals es té constància que han estat sotmeses a processos de revisió o de validació per part d'experts; tipus 2: són la resta d'activitats.

TAULA 12
Escandall de la producció en recerca al Departament de Construccions Arquitectòniques I

Nombre d'activitats			Punts de recerca		
Activitat	Tipus 1	Tipus 2	Activitat	Tipus 1	Tipus 2
Actes de congressos	—	84	Actes de congressos	—	305,30
Articles en revistes	2	56	Articles en revistes	24,00	115,00
Capítols de llibre	—	17	Capítols de llibre	—	24,00
Edició de llibres	—	6	Edició de llibres	—	24,00
Llibres	—	13	Llibres	—	101,30
Patents	—	—	Patents	—	—
Premis extraordinaris de doctorat	—	—	Premis extraordinaris de doctorat	—	—
Premis	—	—	Premis	—	—
Reports de recerca	—	263	Reports de recerca	—	262,00
Tesis dirigides	7	—	Tesis dirigides	80,00	—

TAULA 13
Escandall de la producció en recerca al Departament de Construccions Arquitectòniques II

Nombre d'activitats			Punts de recerca		
Activitat	Tipus 1	Tipus 2	Activitat	Tipus 1	Tipus 2
Actes de congressos	—	14	Actes de congressos	—	52,00
Articles en revistes	—	5	Articles en revistes	—	10,00
Capítols de llibre	—	1	Capítols de llibre	—	2,00
Edició de llibres	—	—	Edició de llibres	—	—
Llibres	—	6	Llibres	—	38,70
Patents	—	—	Patents	—	—
Premis extraordinaris de doctorat	—	—	Premis extraordinaris de doctorat	—	—
Premis	3	—	Premis	10,20	—
Reports de recerca	—	464	Reports de recerca	—	187,80
Tesis dirigides	—	—	Tesis dirigides	—	—

5.3. Grups de recerca consolidats (GRC)

La Generalitat de Catalunya facilita un cert nivell de finançament als grups de recerca, anomenats *consolidats*, que han assolit un mínim nivell d'excel·lència. Presumiblement, els GRC proporcio-

nen una visió del mapa de recerca a Catalunya. En total, i d'acord amb les dades corresponents a l'any 2002, hi ha sis-cents trenta GRC, dels quals noranta-un pertanyen a l'àrea d'enginyeria i arquitectura. D'aquests grups, només deu queden dins l'àrea d'enginyeria civil i enginyeria de la construcció (taula 14).

TAULA 14
Grups de recerca de l'àrea d'enginyeria civil i enginyeria de la construcció
consolidats pel Pla de Recerca de Catalunya

Nom del grup	Institució	Àrea de coneixement
Grup de Recerca sobre Qualitat de Vida Urbana i Sostenibilitat	UPC	Construccions arquitectòniques
Grup de Tecnologia d'Estructures	UPC	Enginyeria de la construcció
Grup de Geotècnica i Mecànica de Materials	UPC	Enginyeria del terreny
Grup de Geofísica i Enginyeria Sísmica	UPC	Enginyeria del terreny
Grup d'Hidrologia Subterrània	UPC	Enginyeria del terreny
Grup de l'Aigua	UPC	Enginyeria hidràulica
Grup de Mètodes Numèrics en Ciències Aplicades i Enginyeria	UPC	Matemàtica aplicada
Grup de Resistència de Materials i Estructures a l'Enginyeria, Secció Camins	UPC	Mecànica de medis continus i teoria d'estructures
Grup de Mètodes Numèrics en Mecànica de Medis Continus i Estructures	CIMNE	Mecànica de medis continus i teoria d'estructures
Laboratori d'Enginyeria Marítima (LIM)	UPC	Enginyeria hidràulica

5.4. Altres indicadors

Entre altres indicadors de la producció científica incloem les tesis doctorals i les patents, així com els sexennis de recerca.

5.4.1. Tesis doctorals

A la taula 15 es presenta l'evolució de les tesis llegendes dins el període que ens ocupa en aquest report. A part dels programes de doctorat que ofereixen els diferents departaments, l'ET-SECCPB és la responsable del programa de doctorat en enginyeria civil. Es tracta d'un programa interdisciplinari en el qual participen tots els departaments de l'esmentat centre. Tal com es pot veure, el nombre de tesis llegendes dins aquest àmbit representa entorn del 19 % del total de la UPC com a terme mitjà. En l'anterior report aquesta xifra era del 27 %. La disminució no és deu tant a un decrement en el nombre total de tesis llegendes d'aquest àmbit (que en realitat ha crescut en quaranta tesis per a un mateix període de sis cursos), com al fet que han augmentat en més d'un 80 % el nombre de tesis llegendes a tota la UPC.

A la taula 16 s'indiquen el nombre de tesis doctorals llegendes a les diferents escoles de camins de l'Estat espanyol en el període 1998-2000. Tal com es pot veure, el 40 % corresponen a l'ETSECCPB.

Pel que fa als estudiants de doctorat, continua la tònica ja apuntada en l'anterior report de la decadència dels alumnes nacionals i un nombre creixent d'alumnes de països sud-americans. Aquesta tendència ha seguit igual, tot i que l'acord prioritari que la UPC tenia amb l'Institut de Cooperació Iberoamericana es va extingir durant el curs 2001-2002 i, per tant, la majoria d'aquests alumnes vénen ara finançats pels seus governs o universitats respectius, de manera que el nombre de becaris que arriben amb un finançament adequat per tal de poder tenir una dedicació completa a l'elaboració de la tesi doctoral és molt més reduït.

Pel que fa a l'evolució del nombre de tesis, el resum és que en el període 1992-1995 el percentatge de tesis de l'àmbit d'enginyeria civil i d'enginyeria de la construcció sobre el total de tesis llegendes a tota la UPC va ser del 36 %, va disminuir fins al 18 % en el període 1996-1998, i va tornar a créixer lleugerament fins al 19 % en el període 1999-2001. En aquest sentit, hem d'apuntar que ni el valor del 36 % ni el del 18 % representen el valor normal mitjà o representatiu, que creiem que deu estar a l'entorn del 25 %. Els fets que fan que es produeixin distorsions importants cap amunt o cap avall van molt lligats a les condicions del mercat laboral de l'enginyeria civil i l'arquitectura, d'una banda, i a la consolidació cada cop més evident de les

TAULA 15
Evolució de les tesis llegides en l'àmbit d'enginyeria civil i enginyeria de la construcció

Departament	1996-1997	1997-1998	1998-1999	1999-2000	2000-2001	2001-2002	Total
Construccions Arquitectòniques I	1	3	3	5	1	7	20
Enginyeria de la Construcció	6	5	4	3	8	7	33
Enginyeria del Terreny, Cartogràfica i Geofísica	7	7	9	5	7	12	47
Enginyeria Hidràulica, Marítima i Ambiental	9	6	3	5	7	12	42
Infraestructura del Transport i del Territori	1	4	1	1	1	2	10
Matemàtica Aplicada III	3	2	—	2	2	3	12
Resistència de Materials i Estructures a l'Enginyeria	3	2	4	5	1	2	17
<i>Total àrea enginyeria civil i enginyeria de la construcció</i>	30	29	24	26	27	45	181
<i>Total UPC</i>	149	157	143	170	149	190	958
Àrea de l'enginyeria civil / UPC (percentatge)	20,1	18,5	16,8	15,3	18,1	23,7	18,9

El Departament de Matemàtica Aplicada III i el de Resistència de Materials i Estructures a l'Enginyeria inclouen l'activitat del professorat assignat a l'ETSECCPB. Les tesis del programa d'enginyeria civil s'han assignat al departament del director de la tesi.

TAULA 16
Nombre de tesis llegides a les escoles de camins, canals i ports d'Espanya

Escola Tècnica Superior d'Enginyers de Camins, Canals i Ports	Nombre de tesis llegides (1998-2000)
Madrid	44
Barcelona	66
Santander	15
València	12
A Coruña	13
Granada	—
Ciudad Real	10
<i>Total</i>	160

plantilles de professorat, d'una altra. En efecte, el període 1992-1995 va ser clarament recessiu en l'activitat econòmica del sector de la construcció, la qual cosa fa que la quantia econòmica de les beques que els estudiants acabats de llicenciar poden aconseguir per tal de fer els estudis de doctorat, sigui competi-

tiva en relació amb els sous que se'ls ofereixen en el mercat laboral. En el moment en què el sector de la construcció torna a entrar en un període econòmic expansiu (que podríem situar a l'entorn dels anys 1996-1997), la majoria d'alumnes acabats de llicenciar opten per la sortida professional. A aquest fet de les condicions del mercat extern s'afegeixen, en els darrers anys, dos fets més. El primer és que les plantilles de professorat tant als departaments de l'ETSECCPB com als de construccions arquitectòniques estan ja totalment consolidades i, per tant, menys estudiants opten a uns estudis de doctorat, que on realment es valoren, encara, és només a l'entorn universitari. Esperem que els recents programes d'incorporació de doctors a les empreses afavoreixin aquest panorama. El segon fet és el que ja hem apuntat anteriorment pel que fa a la pràctica desaparició de les beques que l'Institut de Cooperació Iberoamericana concedia a alumnes sud-americans per tal de seguir els seus estudis de doctorat a la UPC.

En tot cas, és remarcable el fet que el percentatge de tesis llegides en l'àmbit d'enginyeria civil i de la construcció dins la UPC (19 %) sigui molt semblant al percentatge de beques concedides (apartat 5.4.2, taula 17). Això posa de manifest l'alta eficiència i rendiment en el conjunt del sistema de recerca, que suposa el fet que pràcticament tots els alumnes amb una beca concedida per fer la seva tesi doctoral acabin sent doctors i el

TAULA 17
Beques concedides per tipus d'any

Departament	FI 2000	FI 2001	FI 2002	FI 2003	FPI 2000	FPI 2001	FPI 2002	FPI 2003	FPU 2000	FPU 2001	FPU 2002	FPU 2003	IGSOC 2002	IGSOC 2003	UPC 2001	UPC 2002	UPC 2003
Escola Tècnica Superior d'Enginyers de Camins, Canals i Ports de Barcelona	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0
Construccions Arquitectòniques I	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Construccions Arquitectòniques II	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Enginyeria de la Construcció	4	0	2	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	3	2	2
Enginyeria del Terreny, Cartogràfica i Geofísica	3	0	1	2	2	2	2	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1
Enginyeria Hidràulica, Marítima i Ambiental	0	1	0	1	1	0	1	2	0	2	2	0	0	1	3	0	0
Infraestructura del Transport i del Territori	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1
Matemàtica Aplicada III	2	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Resistència de Materials i Estructures a l'Enginyeria	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Àrea de l'enginyeria civil i l'enginyeria de la construcció	9	4	5	7	5	2	5	4	0	4	4	1	1	2	7	3	4
Total UPC	35	32	30	30	19	8	27	24	2	19	20	24	5	11	10	8	12
Àrea de l'enginyeria civil / UPC (percentatge)	25,7	12,5	16,7	23,3	26,3	25,0	18,5	16,7	0,0	21,1	20	4,2	20,0	18,2	70,0	37,5	33,3

FPI: formació de personal investigador; FPU: formació de personal universitari; FI: formació d'investigadors; IGSO: International Graduate School of Catalonia.

nombre d'abandonaments sigui pràcticament nul. De ben segur que en aquest fet hi juga molt a favor l'alta dedicació que hi aporten els directors de tesi, lligat també a l'alta productivitat científica d'aquests directors, com hem apuntat a l'apartat 4.2.

Un aspecte que remarca la qualitat dels estudis de doctorat en l'àmbit de l'enginyeria civil és el fet que recentment, el programa de doctorat d'enginyeria civil en anglès ha estat inclòs dins l'IGSO (International Graduate School of Catalonia), fundació promoguda per la Conselleria d'Universitats, Recerca i Societat de la Informació i en la qual participen les universitats catalanes i una sèrie d'institucions catalanes de caire internacional, amb l'objectiu de seleccionar programes de doctorat d'alt nivell oferts per les universitats catalanes i fer-ne una promoció internacionalment.

5.4.2. Beques concedides

Un indicador que també pot donar una idea de l'activitat de recerca, i que en certa manera pot anar paral·lel al del nombre de tesis doctorals lligades, és el nombre de beques concedides en convocatòries competitives, és a dir, aquelles que s'atorguen en convocatòries públiques, ja sigui dins la mateixa UPC, a Catalunya o a tot l'Estat espanyol.

A la taula 17 apareix el nombre de beques concedides en els darrers quatre anys (2000-2003) a les convocatòries estatals (FPI: formació de personal investigador; FPU: formació de personal universitari), autonòmica (FI: formació d'investigadors; IGSO: International Graduate School of Catalonia) i interna de la UPC. Aquests valors posen de manifest, de nou, que el percentatge assolit per aquesta àrea dins la UPC està molt

per sobre del percentatge que aquest àmbit representa pel que fa a nombre de professors i PAS assignats, així com als recursos econòmics, que estarien, en ambdós casos, entorn del 10 %. És destacable, sobretot, l'alt percentatge de beques concedides dins la convocatòria interna de la UPC, el qual reflecteix un àmbit estrictament tècnic i, per tant, més homogeni, mentre que a la resta de convocatòries competeixen tant currículums tècnics com artístics, científics i humanístics. També s'ha de destacar l'elevat percentatge (entorn del 20 %) del programa de beques de l'IGSOC, el qual va adreçat fonamentalment a becaris estrangers que volen seguir els estudis de doctorat a Catalunya i en anglès.

5.4.3. Sexennis de productivitat

L'avaluació de l'activitat de recerca es continua fent de manera força rigorosa: es demana un mínim de cinc contribucions de recerca notables amb estàndards internacionals (revistes indexades JCR, llibres de recerca, etc.) per cada sexenni de dedicació exclusiva a la docència i la recerca. Els sexennis són, per tant, un paràmetre extern de reconeixement de la recerca i en aquest sentit s'utilitzen en els diferents processos d'acreditació per a l'accés a les places docents de més alt nivell.

La taula 18 mostra la distribució de sexennis de recerca atorgats fins a final de l'any 2003, és a dir, aquells que han vençut el 31 de desembre de 2002 als professors dels departaments de l'àmbit de l'enginyeria civil i d'enginyeria de la construcció. A la mateixa taula s'incorpora el nombre de sexennis per EDP corresponents als anys 2003 i 1998, és a dir, una diferència de cinc anys que pràcticament equival a un sexenni. En tots els casos es produeix un augment de la ràtio sexenni/EDP, la qual cosa evidencia que durant aquest període hi ha hagut un nombre gran de resolucions favorables per als professors d'aquest àmbit que ho han sol·licitat. Per comparació amb l'any 1998, si no hi hagués hagut incorporació de nous professors que encara no poden demanar el sexenni, l'augment de la ràtio hauria d'haver estat propera a 1 a tots els departaments en el cas que tots els sexennis possibles haguessin estat concedits. L'àrea d'enginyeria civil i enginyeria de la construcció segueix tenint el màxim reconeixement de l'activitat de recerca mitjançant els sexennis dins la UPC i tot l'Estat espanyol quant a universitats tècniques. Així, per exemple, el percentatge de professors amb algun sexenni reconegut a l'àmbit de l'enginyeria civil dins la UPC és de 71,8 %, de manera que és un 19 % superior a la mitjana de la UPC (60,3 %), i només és superat per l'àmbit de la física (79,2 %). Pel que fa als sexennis reals

TAULA 18

Distribució dels sexennis de productivitat investigadora reconeguts als professors de la UPC en l'àrea de l'enginyeria civil i l'enginyeria de la construcció (final 2003)

Departament	0 sexennis	1 sexenni	2 sexennis	3 sexennis	4 sexennis	5 sexennis	Total	Sexenni / EDP (2003)	Sexenni / EDP (1998)
Construccions Arquitectòniques I	15	3	—	4	—	1	20	0,9	—
Construccions Arquitectòniques II	24	—	—	—	—	—	0	0,0	—
Enginyeria de la Construcció	5	4	3	2	4	—	32	1,8	1,4
Enginyeria del Terreny, Cartogràfica i Geofísica	9	3	4	5	3	1	43	1,7	1,5
Enginyeria Hidràulica, Marítima i Ambiental	5	3	5	1	1	—	20	1,3	1,2
Infraestructura del Transport i del Territori	4	2	1	2	1	—	14	1,4	0,9
Matemàtica Aplicada III	4	11	—	3	1	—	24	1,3	0,5
Resistència de Materials i Estructures a l'Enginyeria	1	—	4	3	2	—	25	2,5	1,5
Total	67	26	17	20	12	2	178	—	—

Inclou el professorat funcionari a temps complet. No s'ha inclòs un professor de Construccions Arquitectòniques I a temps parcial amb un sexenni. El Departament de Matemàtica Aplicada III i el de Resistència de Materials i Estructures a l'Enginyeria inclouen el professorat assignat a l'ETSECCPB.

respecte dels potencials, a l'àmbit de l'enginyeria civil la relació és del 85 % si ens fixem en els professors que tenen algun sexenni concedit, la més alta de tota la UPC (la mitjana de la UPC és del 73 %); i del 66 % si ens fixem en el nombre total de professors. També en aquest cas és la més alta de la UPC, i el valor mitjà és del 45 %. Pel que fa a la importància dins l'Estat espanyol, a la taula 19 s'indica el nombre de professors funcionaris (CU: catedràtic d'universitat; TU: titular d'universitat; CEU: catedràtic d'escola universitària; TEU: titular d'escola universitària) per a les àrees de coneixement de l'àmbit d'aquest estudi i per categories, tant a la UPC com a la resta d'universitats espanyoles. Per als CU es compten els que tenen dos o més sexennis; per a la resta de categories, els professors amb un o més sexennis.

5.4.4. Patents

Aquest és un àmbit on les patents són escasses a causa d'una dificultat afegida, com és el fet que, a part de la pobra tradició d'innovació i recerca del sector, a les grans empreses els resultats finals són processos lligats al mateix procés constructiu més que no pas productes. Per això, no solen estar interessades en recerques de productes que poden derivar en patents. No obstant això, a l'anterior report ja es parlava d'un interès creixent cap a les patents, que podia acabar desembocant en un creixement important si es donaven les condicions ambientals favorables relatives a les exempcions fiscals a les empreses per temes de R+DT i canvis en el sistema de contractació d'obres. Tot i que en el primer aspecte s'ha produït un avenç significatiu —com és el fet que qui certifica aquestes possibles exempcions no serà a partir de finals de 2003 el Ministeri d'Economia i Hisenda, sinó l'MCT, a través de la creació d'uns organismes a l'efecte (del primer dels quals a l'Estat espanyol ha estat soci fundador la UPC)—, en el cas del sistema de contractació d'obres el tema no ha avan-

çat pràcticament gens. Tot això ha fet que, de moment, les patents no siguin encara pràcticament significatives dins aquest àmbit, tot i que el nou tractament de les exempcions fiscals pot acabar d'empènyer aquesta qüestió.

5.4.5. Càtedres i aules d'empresa

Un altre indicador de l'activitat de recerca dins aquest sector pot ser el nombre de càtedres i aules d'empresa que s'hi desenvolupen. Bàsicament, són instruments de col·laboració entre la universitat i l'empresa, que indiquen la confiança que el sector empresarial té en la universitat. Cal destacar el gran nombre de càtedres i aules d'empresa que hi ha a la UPC en aspectes relacionats amb l'enginyeria civil i l'enginyeria de la construcció, més encara quan és una figura encara poc utilitzada i coneguda a les nostres universitats. Això es pot relacionar amb el fet que un volum important dels recursos que arriben a la universitat per fer recerca en aquest àmbit (40 % del total) prové de convenis amb les empreses del sector.

A la taula 20 es veu que les càtedres i aules creades en aquest període són cinc, la qual cosa és molt representativa perquè significa un alt percentatge respecte al total de la universitat. En la col·laboració de les empreses amb la universitat, les càtedres representen el nivell més alt d'aquesta col·laboració, seguida de les aules.

A continuació descriurem breument algunes de les activitats més destacables de cadascuna d'aquestes càtedres i aules.

a) Càtedra Enresa-QuantiSci de medi ambient i gestió de residus (gener 2000)

La Càtedra Enresa-QuantiSci de medi ambient i gestió de residus neix amb l'objectiu principal d'aprofundir en els coneixements en l'àmbit del medi ambient, i especialment pel que fa a la

TAULA 19

Professors amb sexennis per àrees de coneixement i categories entre la UPC i la totalitat d'universitats espanyoles

Àrea	CU ≥ 2		TU ≥ 1		CEU ≥ 1		TEU ≥ 1		Total		Percentatge
	Esp.	UPC	Esp.	UPC	Esp.	UPC	Esp.	UPC	Esp.	UPC	
Enginyeria de la construcció	7	8	13	3	2	0	0	0	22	11	50,0
Enginyeria hidràulica	11	3	18	3	2	1	1	0	32	7	21,9
Enginyeria del transport	6	3	7	0	0	0	1	0	14	3	21,4
Enginyeria del terreny	11	7	17	5	2	2	1	0	31	14	45,2
Resistència de materials	22	7	31	3	1	1	0	0	54	11	20,4
Construccions arquitectòniques	12	5	10	2	2	0	4	0	28	7	25,0

CU: catedràtic d'universitat; TU: titular d'universitat; CEU: catedràtic d'escola universitària; TEU: titular d'escola universitària.

TAULA 20
*Càtedres i aules d'empresa a la UPC
 relacionades amb l'enginyeria civil i de la construcció*

Càtedra	Patrocinador	Àmbit	Any	Director
Enresa-QuantiSci	Enresa-QuantiSci	Medi ambient i gestió de residus	2000	Jordi Bruno
CELSA	CELSA	Acer i construcció	2000	Enrique Mirambell
Victoriano Muñoz Oms	FECSA ENDESA	Valors humans en enginyeria	2000	Antonio Aguado
JG Enginyers Consultors	JG Enginyers Consultors	Sostenibilitat	2002	Pere Alavedra
ABERTIS	ABERTIS	Gestió d'infraestructures de transport	2003	Francesc Robusté

Càtedra	Patrocinador	Àmbit	Any	Director
COMSA	COMSA	Ferrocarril	2000	Andrés López Pita

gestió dels residus. Aquesta càtedra és fruit de la llarga i extensa trajectòria de col·laboracions existent en el camp de la R+DT en gestió de residus entre Enresa, QuantiSci SL i la UPC. Per tant, a més d'impulsar projectes de R+D en gestió de residus, potencia la difusió d'aquests projectes, promou la implantació i l'adopció de les noves tecnologies, més respectuoses amb el medi ambient, resultants dels projectes, i ofereix un programa de formació centrada en la gestió i el tractament de residus. Els serveis que ofereix la Càtedra van dirigits, doncs, principalment a tres sectors diferenciats: comunitat universitària, sector industrial i Administració i institucions.

En investigació i desenvolupament tecnològic, la Càtedra impulsa:

- la coordinació dels grups d'investigació ambiental de la UPC, amb l'objectiu de desenvolupar projectes multidisciplinaris i integradors;
- la promoció de la connexió institucional amb organismes que gestionen investigació ambiental, per ampliar i intercanviar coneixements entre la universitat i els organismes gestors;
- l'ambientalització de la investigació: la finalitat és motivar l'obertura de noves línies d'investigació relacionades amb els problemes ambientals generats per la seva activitat i incentivar la investigació destinada a aplicar les noves tecnologies emergents, com les TIC, en l'estudi dels problemes ambientals;
- el desenvolupament de projectes integradors d'investigació.

b) Càtedra CELSA en acer i construcció (juny 2000)

La Càtedra CELSA es va crear a partir de l'acord amb la Companyia Espanyola de Laminació SL. A través de la Càtedra,

l'ETSECCPB, on s'ubica, i l'empresa col·laboren en activitats de formació, investigació i transferència de tecnologia en l'àmbit de les estructures de formigó, metàl·liques i mixtes. Entre les activitats de formació que desenvolupa la Càtedra hi ha l'organització de conferències a càrrec de tècnics de l'empresa per als estudiants de l'ETSECCPB; la creació d'un premi al millor projecte de final de carrera relacionat amb el component estructural, i l'establiment de convenis de cooperació educativa amb la finalitat que els estudiants puguin realitzar pràctiques a l'empresa durant els estudis.

En l'àmbit de la investigació, es dona suport a la realització de tesis doctorals juntament amb l'empresa, s'organitzen trobades internacionals d'experts en la matèria de la Càtedra, es fomenta el treball conjunt amb els investigadors de la UPC en projectes europeus i s'impulsen estudis d'investigació sobre temes relacionats amb les estructures de formigó, metàl·liques i mixtes. Així mateix, la Càtedra promou la realització de jornades de divulgació tècnica sobre les novetats i investigacions més destacades i la realització de publicacions sobre mètodes i solucions constructives en estructura mixta, metàl·lica o de formigó.

c) Càtedra Victoriano Muñoz Oms - FECSA ENHER (juliol 2000)

El juliol de 2000 la UPC i l'empresa FECSA-ENDESA van acordar crear aquesta càtedra, amb la finalitat de fomentar les activitats de formació, investigació, transferència de coneixement i divulgació, tant de la figura i obres de Victoriano Muñoz Oms, com dels valors que aquest enginyer representava. La constitució d'aquesta càtedra és un reconeixement a la trajectò-

ria professional i humana de qui va ser fundador d'ENHER l'any 1946 i gerent de l'empresa fins al 1963. En el marc d'aquesta càtedra, que va iniciar la seva activitat el curs 2000-2001, s'han creat diferents Premis Victoriano Muñoz Oms (al millor article anual, publicat en els mitjans de comunicació, tesis doctorals llegendes en universitats catalanes, treballs de grau) en què es ressaltin els valors humans en el món de l'enginyeria. Un altre dels objectius de la Càtedra és consolidar els convenis de cooperació educativa com a element formatiu de col·laboració entre les dues parts. Altres activitats que es duen a terme són accions per impulsar tesis doctorals en col·laboració amb l'empresa FECSA-ENDESA, tant en temes d'enginyeria com d'història sobre la figura i obra de Victoriano Muñoz Oms; per promoure trobades nacionals i internacionals d'experts en temes de valors humans en enginyeria i per potenciar publicacions sobre temes de l'àmbit de la Càtedra.

d) Càtedra Grup JG en sostenibilitat (2002)

La UPC i el Grup JG Enginyers Consultors van crear la Càtedra Grup JG per a l'estudi de la sostenibilitat aplicada a l'enginyeria de serveis dels edificis. L'objectiu de la Càtedra, amb seu a la secció corresponent del Departament d'Enginyeria de la Construcció a l'Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona, és realitzar activitats de formació, investigació, transferència de tecnologia i divulgació científica i tecnològica en aquest àmbit.

e) Càtedra Abertis de gestió d'infraestructures de transport (abril 2003)

L'objectiu d'aquesta càtedra és promoure la transferència del coneixement acadèmic i empresarial en el sector de les infraestructures, així com la promoció i divulgació dels estudis d'investigació, realitzar activitats de formació, investigació, innovació i divulgació en l'àmbit de la planificació i la gestió de les infraestructures i els serveis del transport.

La corporació Abertis és l'empresa més important d'Europa en gestió privada d'infraestructures del transport. La Càtedra treballa en projectes europeus de R+D i altres projectes nacionals o internacionals d'interès comú. Un dels objectius és desenvolupar recerca innovadora pel que fa a la gestió d'aparcaments (comportament d'usuaris en aparcaments soterranis, anàlisi d'operacions d'entrada i sortida), autopistes (nous models de finançament, el concepte de *service pricing* i *value pricing*, per a vies d'altres prestacions), logística (optimització de serveis de paqueteria, distribució urbana de mercaderies, logística portuària) i gestió d'aeroports (accessos, *handling*, operacions). Així mateix, la Càtedra Abertis s'ofereix com a vincle aglutinador d'experts dins la UPC i l'entorn empresarial i institu-

cional per potenciar l'aplicació de les tecnologies de la informació i les comunicacions (TIC) al transport en sistemes de transport intel·ligent (ITS).

En el marc de la Càtedra s'ha creat el Premi Abertis de convocatòria anual i d'àmbit estatal per a treballs de recerca d'estudiants en l'àmbit de l'anàlisi i la modelització del transport. També organitzarà conferències i participarà en jornades sobre temes de mobilitat i transport, i facilitarà als estudiants les visites de camp als centres d'operacions de les autopistes i oficines d'Abertis i a obres del grup.

f) Aula COMSA – ferrocarril (octubre 2000)

Amb l'objectiu de millorar els coneixements i la formació en els àmbits dels processos de disseny, construcció i manteniment d'infraestructura i superestructura ferroviària, l'empresa constructora COMSA i la UPC han signat un acord de col·laboració a través d'una aula empresa que està vinculada especialment a l'ETSECCPB. Entre les activitats de formació que preveu l'acord hi ha la creació del Premi COMSA al millor projecte o treball final de carrera que tracti el tema de la infraestructura o superestructura on la via de ferrocarril tingui una especial rellevància. A més, responsables de l'empresa imparteixen conferències en els cursos de postgrau de l'especialitat de transports sobre temes de la via de ferrocarril. Pel que fa a les activitats de recerca, el conveni de col·laboració preveu el suport per a la realització de tesis doctorals conjuntament amb COMSA, així com la promoció de trobades nacionals i internacionals d'experts, i la potenciació d'estudis específics de recerca sobre temes de l'àmbit de l'aula.

5.5. Volum econòmic de les activitats de R+D

5.5.1. Introducció

Hem de destacar que totes les dades que apareixen en aquest apartat s'han obtingut a partir d'informació facilitada pels organismes que s'esmenten a les taules, fet que agraïm, i alhora hem de dir que en la sol·licitud d'aquestes dades s'ha insistit en el fet que es volien exclusivament les dades corresponents a recerca i desenvolupament, i que se n'excloués tot el relatiu a serveis. Això pot haver representat certes dificultats en l'estimació de les partides per alguna de les entitats que hi ha col·laborat. Les xifres s'han de prendre com a orientatives (si bé amb un ordre de magnitud ben acotat) i sempre com una cota inferior del volum econòmic total en R+D en aquest camp, ja que hi pot haver errors o omissions, sempre involuntaris.

5.5.2. *Volument econòmic en temes de R+D d'aquest àmbit a Catalunya*

A la taula 21 es presenta el total de finançament rebut en el període 1996-2002 dins aquest àmbit. S'hi han agrupat per entorns les institucions que han aportat dades amb vista a una millor visualització i per evitar una fragmentació excessiva. Les xifres de la taula 21 fan referència exclusivament al global de recursos obtinguts per al finançament de projectes de R+D i no tenen en compte, per tant, les despeses en recursos humans dedicats a tasques de R+D.

És destacable el fort augment que es produeix en les activitats lligades a l'ETSECCPB a partir de l'any 2001. Veiem, doncs, com en un període de set anys el volum econòmic total s'ha duplicat, mentre que pel que fa a l'ETSECCPB, gairebé s'ha multiplicat per tres.

5.5.3. *Distribució del volum econòmic en diferents àrees en l'entorn de l'ETSECCPB i en escoles d'arquitectura*

Els resultats del finançament rebut en el període 1996-2002 en l'entorn de la UPC es presenten a la taula 22. Com a font d'informació s'ha fet servir l'aportada pel CTT de la UPC, el CIMNE, la Fundació Centre Internacional d'Hydrologia Subterrània (FCIHS), el CIIRC, l'ICEC i el CENIT. Els valors relatius a l'ETSECCPB fan referència als convenis que ha firmat directament amb determinats organismes públics, principalment el Departament de Política Territorial i Obres Públiques de la Generalitat de Catalunya. D'altra banda, a la taula 23 es pot veure com es desglossa la distribució corresponent a l'últim exercici amb dades disponibles (2002) en diferents conceptes: programes europeus, programes estatals,

convenis amb organismes i institucions, convenis amb empreses i formació. És destacable el fort increment que suposen al CIMNE les activitats lligades a la formació.

Per tal de veure la importància que realment té el volum econòmic que apareix a les taules anteriors, hem de comparar aquests valors amb els que puguin tenir altres universitats de característiques similars, així com el pes que suposen tant internament en l'activitat total dins la UPC com en el conjunt d'aquest àmbit en tot l'Estat espanyol. En aquest sentit, s'ha de destacar el fet que, així com a la UPM el volum de projectes de recerca d'enginyeria civil és molt inferior al que es té en altres àrees de l'enginyeria (electrònica, mecànica, aeronàutica, etc.) i que el volum de projectes a l'ETSECCPB és baix en relació amb el volum d'altres escoles de la UPM de capacitat similar (Sánchez-Gálvez, 2003), a la UPC passa precisament el contrari, de manera que l'ETSECCPB és una de les capdavanteres pel que fa al volum de projectes i ingressos generats per a activitats de R+D. En efecte, el volum econòmic en activitats de R+D en l'àmbit de l'enginyeria civil i enginyeria de la construcció entorn de l'ETSECCPB era l'any 2001 aproximadament de 6 M€, mentre que el de l'Escola de Madrid el mateix any no arribava als 1,5 M€.

D'altra banda, el volum generat per l'ETSECCPB l'any 2002 representa un 16 % del total del CTT de la UPC, mentre que si hi sumem la part corresponent a construccions arquitectòniques, aquest percentatge puja fins al 19 %. Recordem que pel que fa a recursos ordinaris i volum de professors i estudiants l'ETSECCPB representa aproximadament un 8 % de tota la UPC, mentre que si hi sumem la part corresponent a construccions arquitectòniques aquest valor se situa en un 12 %.

TAULA 21
Volument econòmic d'activitats de R+D en l'àmbit de l'enginyeria civil i l'enginyeria de la construcció a Catalunya (en milers d'euros)

Institució	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	Total
Entorn de l'Escola Tècnica Superior d'Enginyers de Camins, Canals i Ports de Barcelona	4.998	5.364	4.783	7.236	9.011	8.960	12.850	53.202
Departament de Construccions Arquitectòniques I i II (UPC)	672	753	1.115	1.244	1.340	1.518	1.546	8.188
Institut Cartogràfic de Catalunya *	3.029	3.606	4.207	4.796	5.297	4.945	4.725	30.605
Institut de Tecnologia de la Construcció	559	793	703	225	493	503	700	3.976
Altres **	1.082	1.382	1.682	1.510	1.402	1.630	1.720	10.408
Total	10.340	11.898	12.490	15.011	17.543	17.556	21.541	106.379

* Anàlogament a l'anterior report, les activitats de R+D en aquest àmbit de l'ICC s'han estimat en un 20 % del volum d'operacions anuals.

** En aquest apartat s'inclou: IIC, Grup R+D del Col·legi d'Aparelladors i Arquitectes Tècnics, i l'LGAIN.

TAULA 22
Volum econòmic d'activitats de R+D en l'àmbit de l'enginyeria civil i l'enginyeria de la construcció

Departament / organisme	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Escola Tècnica Superior d'Enginyers de Camins, Canals i Ports de Barcelona	0	0	11.978	29.078	9.967	44.475	108
Construccions Arquitectòniques I	453.607	439.511	644.407	550.883	553.818	755.099	683.974
Construccions Arquitectòniques II	218.001	299.243	393.870	475.940	494.833	496.373	460.695
Enginyeria de la Construcció	815.800	723.835	475.042	926.562	1.077.448	1.192.456	1.386.044
Enginyeria del Terreny, Cartogràfica i Geofísica	1.009.408	1.189.229	852.013	958.850	1.351.326	1.122.337	1.673.394
Enginyeria Hidràulica, Marítima i Ambiental	947.042	919.792	750.954	747.499	753.829	387.539	843.808
Infraestructura del Transport i del Territori	349.010	505.621	437.433	527.471	641.556	889.242	840.409
Matemàtica Aplicada III	156.480	80.770	87.654	212.875	294.937	245.736	233.628
Resistència de Materials i Estructures a l'Enginyeria	225.741	183.279	118.477	96.743	31.968	98.130	107.898
Laboratori d'Enginyeria Marítima	376.989	451.319	516.902	294.863	570.479	401.480	625.067
Centre d'Innovació de Tecnologia d'Estructures i Construcció	0	0	0	0	0	72.121	105.642
Grup de Recerca Aplicada en Hidrometeorologia (GRAHI)	0	0	0	0	0	203.292	349.831
Centre de Política del Sòl i Valoracions (CPSV)	0	14.766	76.916	217.632	292.315	266.576	402.049
Centre Internacional de Mètodes Numèrics en l'Enginyeria	961.619	1.081.822	1.262.125	2.804.109	3.662.473	3.524.589	5.785.261
Institut Català d'Enginyeria Civil	90.152	156.263	228.384	11.468	123.116	115.731	210.413
Fundació Centre Internacional d'Hidrologia Subterrània	66.111	72.121	42.071	250.000	300.000	450.000	369.000
Centre Internacional d'Investigació dels Recursos Costaners	—	—	—	375.938	193.391	213.201	318.842
Centre d'Innovació del Transport	—	—	—	—	—	293.828	564.193
Total	5.669.960	6.117.572	5.898.225	8.479.910	10.351.456	10.772.205	14.940.256

El Departament de Matemàtica Aplicada III i el de Resistència de Materials i Estructures a l'Enginyeria inclouen l'activitat del professorat assignat a l'ETSECCPB. Dades facilitades pel CTT, el CIMNE, la ICEC, la FCHIS, el CIIRC i el CENIT.

Tenint en compte que els recursos en R+D en enginyeria civil provinents de projectes tant de tipus competitiu (projectes europeus, projectes nacionals) com no competitiu que reben els centres públics i universitats són, segons l'estudi del Col·legi de Camins, Canals i Ports de Madrid, d'uns 16,8 M€ per any, i que el nombre d'EDP dedicat a la recerca en aquest àmbit corresponent només a centres públics i universitats es pot xifrar en 1.285 (suma dels recursos humans del CEDEX, l'Institut Eduar-

do Torroja i de les diferents escoles d'enginyeria de camins d'Espanya), s'obté com a resultat un valor dels recursos de 13.074 EUR/EDP en tot l'Estat espanyol pel que fa a l'àmbit estricte de l'enginyeria civil. Si tenim en compte que els recursos que arriben a l'ETSECCPB són de 6,2 M€ amb uns recursos humans que es poden estimar en 218 EDP (dades de l'any 2002), s'obté per a aquest centre un valor de 28.440 EUR/EDP, la qual cosa suposa més del doble de la mitjana de l'Estat. Aquest re-

TAULA 23
*Distribució dels ingressos (any 2002) per conceptes de l'àrea de l'enginyeria civil
 i l'enginyeria de la construcció a la UPC (curs 2001-2002)*

Unitat	Convenis	Programes europeus	Programes estatals	Convenis institucionals	Formació	Total
Escola Tècnica Superior d'Enginyers de Camins, Canals i Ports de Barcelona	—	—	—	—	108,18	108,18
Construccions Arquitectòniques I	600.168,67	9.190,00	12.694,56	—	61.920,88	683.974,11
Construccions Arquitectòniques II	460.244,37	—	—	—	450,76	460.695,13
Enginyeria de la Construcció	801.281,05	83.902,66	471.695,23	22.030,69	7.134,83	1.386.044,46
Enginyeria del Terreny, Cartogràfica i Geofísica	751.833,99	397.492,03	479.966,61	—	44.100,90	1.673.393,53
Enginyeria Hidràulica, Marítima i Ambiental	471.548,97	71.000,00	300.910,54	—	348,00	843.807,51
Infraestructura del Transport i del Territori	643.957,18	82.146,00	91.601,21	—	22.704,93	840.409,32
Matemàtica Aplicada III	30.000,00	69.636,73	123.537,90	—	10.453,45	233.628,08
Resistència de Materials i Estructures a l'Enginyeria	40.568,32	25.882,60	41.446,88	—	—	107.897,80
Laboratori d'Enginyeria Marítima	332.312,53	208.216,25	78.933,36	—	5.605,00	625.067,14
Centre d'Innovació de Tecnologia d'Estructures i Construcció	39.641,99	—	—	66.000,00	—	105.641,99
Grup de Recerca Aplicada en Hidrometeorologia	214.862,24	61.624,51	26.196,92	39.000,00	8.147,48	349.831,15
Centre de Política del Sòl i Valoracions	386.634,32	—	6.960,00	—	8.454,24	402.048,56
Centre Internacional de Mètodes Numèrics a l'Enginyeria	1.240.674,00	1.584.107,00	899.466,00	330.455,00	1.730.559,00	5.785.261,00
Institut Català d'Enginyeria Civil	210.413,00	0,00	0,00	0,00	0,00	210.413,00
Fundació Centre Internacional d'Hidrologia Subterrània	60.000,00	11.000,00	50.000,00	32.000,00	216.000,00	369.000,00
Centre Internacional d'Investigació dels Recursos Costaners	7.772,00	98.095,00	0,00	212.975,00	0,00	318.842,00

El Departament de Matemàtica Aplicada III i el de Resistència de Materials i Estructures a l'Enginyeria inclouen l'activitat del professorat assignat a l'ETSECCPB.

sultat permet les dues consideracions següents: a) d'una banda, el fet d'aconseguir més recursos en les convocatòries de tipus competitiu és el resultat del fet que els concursants que s'hi presenten poden oferir unes millors ràtios de producció científica (publicacions, tesis doctorals...); b) d'altra banda, el fet de tenir un finançament de la recerca de més quantia permet, alhora, l'assoliment d'uns resultats de producció científica més elevats. Ara bé, tal com ja hem esmentat en el capítol corresponent a les

oportunitats, els recursos per EDP destinats a R+D a l'àmbit de l'enginyeria civil a Catalunya són encara clarament insuficients en relació amb altres àmbits. Si ens fixem en la productivitat o rendiment d'aquests recursos (avaluat en nombre de publicacions en revistes científiques o tesis doctorals, per exemple, figures 1 i 2 i taula 16), veiem que és molt elevada en comparació amb la resta de l'Estat. En efecte, tot i que els recursos per EDP estan en una relació de 2 a 1, el nombre d'articles en revistes de

l'SCI per EDP en el període 1997-2002 està en una relació de 6 a 1, i pel que fa a tesis doctorals per EDP llegides durant els anys del 1998 al 2000, la relació és de 4 a 1 (taula 16).

6. CONCLUSIONS I RECOMANACIONS

De l'anàlisi dels resultats que s'inclouen en aquest report i la seva comparació amb l'informe anterior, se'n poden extreure les següents conclusions i recomanacions de futur.

6.1. Recursos humans i estructura acadèmica

El nombre de professors i investigadors a les universitats i altres centres de recerca és de cinc-cents cinquanta, la qual cosa representa un 2,2 % del total català. Els resultats obtinguts amb aquests mitjans són molt superiors a aquest percentatge, fet que indica una alta productivitat dels investigadors de l'àmbit a Catalunya. Tot i que els recursos de finançament a projectes per EDP estan en una relació de 2 a 1 entre Catalunya i la resta de l'Estat, el nombre d'articles en revistes indexades està en una relació de 6 a 1; i el de tesis doctorals, en una relació de 4 a 1.

Els recursos humans tant pel que fa a nombre d'investigadors com al de personal de suport a la recerca s'han mantingut pràcticament estables respecte del curs 1997-1998.

El nombre d'investigadors enquadrats dins de grups de recerca consolidats s'ha mantingut pràcticament constant respecte del període anterior. En relació amb el període anterior, hi ha hagut la creació d'un nou grup de recerca consolidat.

Tot i que el nombre de persones relacionades amb la recerca no ha augmentat en el període de temps analitzat en aquest report, sí que s'observa un increment significatiu de l'edat mitjana de les persones dedicades a la recerca en aquest àmbit a Catalunya, principalment a les universitats. Fa falta, doncs, un relleu generacional, que, si no es produeix, farà que d'aquí uns anys hi hagi una manca important de recursos humans en plena etapa productiva de recerca, que pot comportar una baixada, sobretot quantitativa, dels excel·lents nivells de producció científica actuals.

Tal com ja s'apuntava en el report anterior, hi ha nombrosos grups de recerca, però sense un plantejament comú de la importància que aquesta recerca té per a la societat catalana. Aquesta dispersió repercuteix negativament sobre el pes que la vessant investigadora del sector té en aquesta societat. Segueix trobant-se a faltar un centre de referència a Catalunya que coordini les activitats de recerca i desenvolupament del sector i

transmeti una imatge de grup a la societat civil catalana. Algunes iniciatives dutes a terme en els darrers anys amb aquest objectiu finalment no han reeixit.

6.2. Marc econòmic i finançament de la R+D

L'any 2002 el sector de la construcció representa un 16,7 % del PIB en tot l'Estat espanyol, i es registra un creixement progressiu els darrers anys. La producció del sector a Catalunya, segons xifres del mateix any 2002, representa un 16 % del total espanyol. Aquesta xifra és menor que el percentatge que Catalunya significa en el PIB de l'Estat (22 %). Es tracta, per tant, d'un sector de gran importància dins el conjunt de l'economia tant espanyola com catalana.

Tot i la importància del sector en l'economia, els percentatges d'esforç en R+D del sector són molt baixos, entorn d'un 0,12 % a Espanya i del 0,11 % a Catalunya, especialment si ho comparem amb la mitjana europea de les empreses del sector, on el percentatge és de l'1 %. Així doncs, l'esforç inversor en R+D en el sector de la construcció entre Europa, d'una banda, i Catalunya i Espanya, d'una altra, es troba en una relació de 8 a 1. Aquesta relació en altres àrees tecnològiques és significativament més petita (de 4 a 1 en el cas de les tecnologies de la informació i les comunicacions). Ens trobem, doncs, en un sector que inverteix poc en R+D en àmbit europeu, però que encara ho fa molt menys a Espanya i Catalunya. Els motius pel que fa a la primera afirmació són, entre d'altres, el fet de tractar-se d'un sector que depèn molt dels cicles econòmics, l'alt grau d'atomització, amb moltes empreses amb pocs treballadors, l'alt grau de subcontractació, el fet que la majoria de projectes d'enginyeria civil són prototipus i el fet que el preu segueix sent un dels criteris fonamentals en les adjudicacions d'obres. Pel que fa al segon aspecte, un dels factors que hi intervé de manera més important és el fet que les empreses constructores espanyoles i catalanes donin més importància a la innovació que a la recerca i el desenvolupament.

En general, ens trobem davant un sector que a l'hora d'augmentar la productivitat dóna molta importància a la innovació (compra de béns i processos) i molt poca a la recerca i al desenvolupament. En el conjunt d'Espanya, la relació entre despeses d'innovació i les dedicades a R+D és de 10, mentre que a Catalunya és de 5. Aquesta diferència pot ser causada, en bona part, pel fet que les empreses grans, principals consumidores de béns i processos, tenen les seves seus centrals a Madrid, mentre que les empreses amb seu social a Catalunya són del tipus mitjà i petit. Aquesta estratègia de destinar molts més recursos a la innovació que a la R+D, que pot portar beneficis importants

a curt termini, pot resultar desastrosa i preocupant a un termini més llarg.

En el sector de la construcció, i sobretot en el de l'obra civil, no hi ha un mercat pròpiament dit, on els equilibris entre oferta i demanda marquin les regles del joc. La demanda és un monopoli en mans de les administracions públiques, les quals si no marquen clarament uns nivells mínims de qualitat tècnica, el resultat final és la baixa inversió en recerca i innovació.

Tenint en compte les característiques del sector, és molt difícil que en una única obra es puguin rendibilitzar les despeses en innovació i recerca, tant per part de l'Administració com de l'empresa, excepte a les grans obres d'infraestructura.

En el període 1996-2002, la quantitat total de recursos econòmics destinats a R+D (bàsicament en recerca pública) en el sector de l'enginyeria civil i enginyeria de la construcció a Catalunya ha estat de 106 M€, la qual cosa suposa una mitjana de 15 M€/any, tot i que es pot apreciar un augment molt significatiu i progressiu any rere any, des de 10 M€ l'any 1996 fins als quasi 22 M€ de l'any 2002. La distribució relativa d'aquests recursos anuals és la següent: 20 % en projectes europeus, 20 % en projectes nacionals, 20 % en beques i ajuts autonòmics i 40 % en convenis de transferència amb empreses. Aquest percentatge elevat pel que fa als convenis amb empreses ens indica que, en molts casos, a l'hora de fer recerca les empreses decideixen fer-ho mitjançant la col·laboració amb organismes públics de recerca, principalment amb la universitat. Si comparem aquestes xifres amb les del període anterior, podem veure que la tendència ha estat de creixement sostingut tots els anys, i molt important a partir del 1999.

Tot i que la participació del sector privat en el finançament de la recerca pública és el doble que el de les tres altres fonts de finançament (programes europeus, nacionals i autonòmics), el nombre de projectes de R+D que es desenvolupa a les empreses és només del 12 %. En aquest sentit, és també destacable l'elevat nombre de càtedres d'empresa que hi ha en el sector, element també important pel que fa al finançament i la confiança de les empreses privades en la recerca que es fa principalment a la universitat.

Pel que fa exclusivament a l'àmbit de l'enginyeria civil, els recursos totals en R+D corresponents al finançament de projectes (sense comptar despeses de personal) a tot Espanya són d'uns de 24 M€/any. D'aquests, 17 M€/any corresponen a universitats i centres públics de recerca, dels quals 12 M€/any corresponen a Catalunya, és a dir, un 70 % del total. Aquesta xifra contrasta fortament amb el fet que la producció total en enginyeria civil a Catalunya és només el 13 % del total de l'Estat. Així doncs, el percentatge de finançament de la recerca en enginyeria civil a Catalunya (70 %) és molt més elevat que el per-

centatge que Catalunya significa en el PIB de l'Estat (13 % de l'enginyeria civil i 16 % d'enginyeria civil i enginyeria de la construcció). Per tant, en aquest àmbit Catalunya té un enorme pes científic dins el conjunt de l'Estat pel que fa als recursos econòmics destinats a R+D.

Tot i que el V Programa Marc de la UE i el IV Programa de R+D+I a Espanya, així com el Pla de Recerca de Catalunya, feien ser optimistes amb vista a les convocatòries específiques en l'àmbit de la construcció, aquestes expectatives s'han vist truncades per la realitat: en el VI Programa Marc europeu no hi ha hagut continuïtat en l'increment de la partida dedicada a R+D en construcció, al contrari, ha disminuït fortament. Per contra, el sector segueix creixent cada dia pel que fa a importància dins l'economia (16,7 % del PIB l'any 2002).

En àmbit estatal, tenint en compte l'alt volum d'inversió que s'ha de realitzar en obra civil (Pla d'Infraestructures, Pla Hidrològic...), s'ha de considerar com a altament positiu el fet que, finalment, s'hagi creat un programa sectorial de recerca en construcció, dins el V Programa Marc de R+D (2004-2007) de l'MCT, dotat amb recursos importants des del primer any d'aplicació i amb uns objectius i criteris clarament definits i aplicats per una comissió d'experts.

Tot i les poques oportunitats existents pel que fa al finançament de recerca i desenvolupament en tots els àmbits (europeu, estatal i autonòmic), s'ha de dir que els grups de recerca catalans en el sector de l'enginyeria civil es mostren particularment actius pel que fa a la recerca i consecució d'aquest finançament. En efecte, la captació de recursos a través de convocatòries tant públiques com privades per a l'àmbit que aquí s'estudia, és un 115 % superior tant si ho comparem amb el conjunt d'aquest àmbit a tot l'Estat espanyol, com si ho particularitzem en el conjunt de l'enginyeria i tecnologia només a Catalunya. Això ha permès que els resultats científics obtinguts per aquests grups hagin estat molt bons, tal com veurem a continuació.

6.3. Resultats científics

Tot i no existir una línia prioritària de finançament, ja que el sector no era una línia estratègica dins els programes marc de la UE, el nombre de projectes europeus i el volum de recursos econòmics aconseguits pels investigadors catalans ha estat molt important. Pel que fa al IV Programa Marc, el 3,8 % de tots els recursos obtinguts a Catalunya ho han estat en projectes de l'àrea d'enginyeria civil i enginyeria de la construcció, i aquest percentatge puja fins al 5,1 % pel que fa al V Programa Marc. Aquests percentatges són altament significatius si tenim en

compte que els recursos humans d'aquest àmbit representen un 2,2 % del total català.

La contribució de Catalunya pel que fa a les publicacions d'articles en les revistes de més reconegut prestigi internacional (indexades) en les àrees de l'enginyeria civil i enginyeria de la construcció és del 9 % del total mundial, i oscil·la entre el 5,3 % en l'àrea específica d'enginyeria marítima i ambiental, i l'11 % en l'àrea d'enginyeria de la construcció i computacional. La contribució catalana és, per tant, de primera magnitud. Si considerem les principals ciutats europees, Barcelona ocupa el tercer lloc, només superada per Londres i Delft. Pel que fa a les universitats, la UPC també se situa com la tercera en àmbit europeu, ja que genera el 6 % dels articles publicats en les revistes de més prestigi internacional, i només és superada per la Universitat de Tecnologia de Delft i l'IC de Londres. Pel que fa a àmbits específics, la UPC és capdavantera a Europa en enginyeria de la construcció i computació, amb un 9,5 % de tots els articles en les millors revistes del JCR, i ocupa el quart lloc pel que fa a l'enginyeria hidràulica i del terreny, amb un 7,5 % del total d'articles. En les altres universitats politècniques de l'Estat, les contribucions són del 2,5 % a la UPM i de l'1 % a la UPV.

El primer productor de recerca a Catalunya segueix sent l'ETSECCPB, que és també un referent d'excel·lència dins la mateixa UPC com a tot l'Estat espanyol. També continua sent el centre d'aquesta universitat amb major productivitat en recerca per professor equivalent a temps complet.

El nombre de tesis doctorals lligides en el període del report (1996-2002) ha estat de cent vuitanta-una, és a dir, una mitjana de trenta tesis per any, la qual cosa representa un 5 % del nombre total de tesis doctorals lligides a Catalunya. Això suposa un increment del 29 % respecte al període anterior. En el període 1998-2000, el nombre de tesis lligides a Catalunya en l'àrea de l'enginyeria civil representava el 40 % de totes les tesis lligides a Espanya dins aquesta àrea.

El percentatge de professors amb algun sexenni de productivitat reconegut en l'àmbit de l'enginyeria civil dins la UPC és del 72 %, un 19 % superior a la mitjana de la Universitat. El nombre de sexennis reals respecte dels potencials és del 85 %, el percentatge més alt de tots els àmbits de la UPC. Pel que fa al pes dins l'Estat espanyol, el percentatge de professors de la UPC amb sexennis respecte a la resta de professors d'altres universitats espanyoles oscil·la des d'un 20 % per a les àrees de coneixement d'enginyeria hidràulica, del transport, resistència de materials i construccions arquitectòniques, fins a un 50 % en les àrees d'enginyeria del terreny i enginyeria de la construcció. Aquests percentatges són molt alts si tenim en compte el nombre total de professors equivalents a temps complet a la UPC i a la resta d'universitats espanyoles.

Tot i la importància de la recerca en aquest àmbit, només hi ha deu grups de recerca consolidats, amb l'increment d'un únic grup respecte al report anterior.

Les patents segueixen sent l'assignatura pendent del sector, i no existeix cap concessió de patent a Catalunya. De nou, s'ha de dir que això es deu al fet que en el sector els resultats finals són processos més que no pas productes.

D'acord amb els resultats exposats anteriorment, la principal conclusió que s'extreu de l'estudi realitzat és l'alta productivitat del col·lectiu d'investigadors de l'àmbit, així com el contrastat nivell d'excel·lència de la recerca en l'àmbit de l'enginyeria civil i l'enginyeria de la construcció a Catalunya. Aquest alt nivell de la recerca, que es pot apreciar per comparació amb altres regions i ciutats d'Europa, es fa encara més evident si es compara amb la resta de l'Estat espanyol. És difícil trobar indicadors similars d'excel·lència internacional en altres àmbits catalans del coneixement, siguin tecnològics, científics o humanístics. L'esmentat alt nivell ja es va posar de manifest amb motiu de l'elaboració de l'anterior report; i l'actualització de dades, que s'ha evidenciat que, passats uns anys, això segueix sent així, tot i algunes consideracions importants. La primera és que en algunes àrees d'aquests àmbits s'ha produït un descens significatiu de les publicacions en revistes de prestigi reconegut (JCR). La segona és que si bé al report anterior es veia un increment significatiu entre els dos períodes analitzats i comparats (1989-1993 i 1994-1998), en aquest cas l'increment no és tan significatiu, la qual cosa pot assenyalar que s'ha tocat o s'està a punt de tocar sostre respecte dels objectius que es volen assolir.

6.4. Recomanacions

Com a resultat d'aquest treball, a més de la recomanació de constituir un grup de treball entre les institucions que desenvolupen activitats de R+D a Catalunya, així com la de crear un centre de referència o centre tecnològic que aglutini les diferents aportacions dels seus membres, les quals ja havien estat formulades a l'anterior report, però que segueixen sent vàlides actualment, es podrien fer les recomanacions següents.

Com a recomanació de caràcter general s'ha de dir que fóra bo que els recursos que es destinin a la recerca en el sector s'orientin segons les tendències de futur que es veuen com a més estratègiques i amb més projecció. En aquest sentit, segons l'estudi realitzat per l'Observatori de Prospectiva Tecnològica Industrial de l'MCT (OPTI, 2003), les tecnologies d'interès dins el sector, amb l'horitzó del 2015, s'agrupen segons les tendències següents:

- sostenibilitat;
- seguretat d'ús i manteniment;
- persones: aspectes relacionats amb la seguretat, salut, formació i capacitat de les persones;
- materials;
- millora de processos: inclou aspectes relacionats amb la integració de la cadena de valor, industrialització de processos, qualitat d'obra acabada, reducció de costos totals;
- maquinària;
- tecnologies de la informació i les comunicacions (TIC).

Tenint en compte les característiques del sector, és molt difícil que en una única obra es puguin rendibilitzar els temes d'innovació i recerca, tant per part de l'Administració com de l'empresa, excepte a les grans obres d'infraestructura. Per això, una acció que es podria plantejar, liderada per les administracions, és la valoració de la recerca i la innovació en els sistemes d'adjudicació, per la qual cosa hauria d'augmentar la sensibilitat de fer experiències pilot en obres petites, amb vista a extrapolar amb posterioritat els resultats a obres més grans i amb més repercussió. Aquest plantejament pot xocar amb la inèrcia tècnica existent i els problemes administratius imposats pels sistemes d'adjudicació basats principalment en el factor cost.

S'haurien d'impulsar polítiques de personal, sobretot en les universitats, que permetin el necessari relleu generacional gradual dels investigadors de l'àmbit. Si no és així, ens podem trobar d'aquí a uns deu o quinze anys amb una estructura de personal constituïda per dos grans blocs molt separats per l'edat: el bloc format per gent més gran que està acabant el seu període productiu, i el format per gent més jove que l'està començant. Aquest buit de la generació intermitja, normalment la més productiva a efectes de recerca, pot ser desastrós amb vista a mantenir els excel·lents nivells de recerca i productivitat que actual-

ment mostra el sector de l'enginyeria civil i l'enginyeria de la construcció.

Finalment, si es vol garantir un creixement competitiu del sector, s'han d'impulsar polítiques que afavoreixin la despesa en R+D i no tant la despesa en innovació per part de les empreses.

BIBLIOGRAFIA

- COLEGIO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS. *Investigación en ingeniería civil: Situación actual y necesidades*. Madrid: Comisión de Docencia e Investigación, 2001.
- COTEC. *Informes sobre el sistema español de innovación: Innovación en construcción*. Madrid: Fundación COTEC, 2000.
- LANZA, C. *Modernidad e ingeniería contemporánea*. Madrid: Fundación Esteyco, 2003.
- MALUQUER DE MOTES, J. *Les activitats de recerca, desenvolupament i innovació tecnològica a Catalunya l'any 2000*. Barcelona: Generalitat de Catalunya. Departament de Presidència, 2003.
- MINER. *Informe sobre la industria española 1997-1998*. Madrid, 1999.
- OBSERVATORIO DE PROSPECTIVA TECNOLÓGICA INDUSTRIAL. *Obra civil: Tendencias tecnológicas a medio y largo plazo*. Madrid: Ministerio de Ciencia y Tecnología, 2003.
- ROCA, J.; CLUSA, J.; MUR, S. *El mercat immobiliari de la regió metropolitana de Barcelona i les comarques centrals de Catalunya*. Barcelona: Centre de Política del Sòl i Valoracions. Universitat Politècnica de Catalunya, 2003.
- SÁNCHEZ-GÁLVEZ, V. «La cooperación entre las universidades y las empresas en I+D en el ámbito de la ingeniería civil». A: *Actas del IV Congreso Nacional de Ingeniería Civil*. Madrid: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 2003, p. 679-685.
- SERVICIO DE EMPRESAS DE OBRAS PÚBLICAS DE ÁMBITO NACIONAL. *Resultados del sector de la construcción: 1998, 2001 y 2002*. Madrid: Asociación de Empresas Constructoras de Ámbito Nacional.