

INSTITUT D'ESTUDIS CATALANS
REPORTS DE LA RECERCA A CATALUNYA
2003-2009
Enginyeria civil i de la construcció

Report elaborat per Pere Roca

Aquest estudi ha comptat amb el suport i la col·laboració de la Generalitat de Catalunya, i ha estat realitzat sota la direcció i cura de la Secretaria Científica i de l'Observatori de la Recerca de l'IEC.

© 2014, Institut d'Estudis Catalans
Carrer del Carme, 47. 08001 Barcelona

Primera edició: octubre del 2014

Text revisat lingüísticament per la Unitat de Correcció del Servei Editorial de l'IEC

ISBN: 978-84-9965-201-6

DOI: 10.2436/15.0110.16.28



Aquesta obra és d'ús lliure, però està sotmesa a les condicions de la llicència pública de *Creative Commons*. Es pot reproduir, distribuir i comunicar l'obra sempre que se'n reconegui l'autoria i l'entitat que la publica i no se'n faci un ús comercial ni cap obra derivada. Es pot trobar una còpia completa dels termes d'aquesta llicència a l'adreça: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/deed.ca>.

Sumari

| | |
|--|----|
| Abreviacions | 5 |
| Resum | 11 |
| Prefaci | 13 |
| 1. INTRODUCCIÓ | 15 |
| 1.1. Motivació i objectius | 15 |
| 1.2. Metodologia de treball | 16 |
| 1.3. Situació del sector de la construcció durant el període analitzat | 17 |
| 2. ENTITATS I GRUPS DE RECERCA | 23 |
| 2.1. Entitats de recerca | 23 |
| 2.2. Descripció de les subàrees i dels grups de recerca | 28 |
| 2.2.1. Gestió de l'aigua..... | 28 |
| 2.2.2. Enginyeria marítima i costanera..... | 29 |
| 2.2.3. Construccions arquitectòniques..... | 30 |
| 2.2.4. Enginyeria de la construcció | 32 |
| 2.2.5. Enginyeria del terreny | 33 |
| 2.2.6. Enginyeria ambiental..... | 34 |
| 2.2.7. Mètodes computacionals en enginyeria | 34 |
| 2.2.8. Transport i territori | 36 |
| 3. RECURSOS HUMANS | 37 |
| 3.1. Personal acadèmic i investigador..... | 37 |
| 3.2. Personal administratiu i de serveis..... | 45 |
| 3.3. Beques i ajuts predoctorals per a investigadors en formació | 46 |
| 4. RECURSOS ECONÒMICS | 49 |
| 4.1. Possibilitats de finançament de l'Estat espanyol | 49 |
| 4.2. Possibilitats de finançament d'Europa..... | 53 |
| 4.3. Possibilitats de finançament de Catalunya..... | 55 |
| 4.4. Finançament obtingut | 56 |
| 5. RESULTATS | 60 |
| 5.1. Patents | 60 |
| 5.2. Publicacions | 62 |
| 5.3. Tesis doctorals | 65 |

| | |
|--|----|
| 5.4. Punts de recerca | 67 |
| 5.5. Nova anàlisi bibliomètrica | 70 |
| 5.5.1. Selecció de revistes científiques..... | 71 |
| 5.5.2. Metodologia | 73 |
| 5.5.3. Resultats i discussió | 79 |
| 5.6. Estudi comparatiu realitzat per la Biblioteca Rector Gabriel Ferraté..... | 82 |
| 6. CONCLUSIONS..... | 85 |
| 6.1. Importància i comportament del sector de la construcció | 85 |
| 6.2. Recursos humans | 85 |
| 6.3. Finançament de la R+D | 87 |
| 6.4. Resultats científics | 88 |
| 6.5. Consideracions finals..... | 89 |
| BIBLIOGRAFIA | 92 |

Abreviacions

| | |
|----------|---|
| € | euro |
| AG | professor/a agregat/da |
| AGAUR | Agència de Gestió d'Ajuts Universitaris i de Recerca |
| AIEM | Arquitectura, energia i medi ambient |
| AJ | professor/a ajudant |
| AMADE | Anàlisi i materials avançats per al disseny estructural |
| ASCAMM | Centre Tecnològic Associació Catalana d'Empreses de Motlles i Matrius |
| ASS | professor/a associat/da |
| BRGF | Biblioteca Rector Gabriel Ferraté |
| CA1 | Departament de Construccions Arquitectòniques I de la Universitat Politècnica de Catalunya |
| CA2 | Departament de Construccions Arquitectòniques II de la Universitat Politècnica de Catalunya |
| Cat. | Catalunya |
| CC | catedràtic/a contractat/da |
| CCAA | comunitats autònomes |
| CDTI | Centre per al Desenvolupament Tecnològic Industrial |
| CEINTEC | Centre d'Innovació de Tecnologia d'Estructures i Construcció |
| CENIT | Centre d'Innovació del Transport |
| CER | centre específic de recerca |
| CERCA | Centres de Recerca de Catalunya |
| CETaqua | Centre Tecnològic de l'Aigua |
| CEU | catedràtic/a d'escola universitària |
| Chalmers | Escola Tècnica Superior Chalmers |
| CICYT | Comissió Interministerial de Ciència i Tecnologia |
| CIEM | Canal d'Investigació i Experimentació Marítima |
| CIIRC | Centre Internacional d'Investigació dels Recursos Costaners |
| CIMNE | Centre Internacional de Mètodes Numèrics en Enginyeria |
| CIRIT | Comissió Interdepartamental de Recerca i Innovació Tecnològica |

| | |
|----------|---|
| CNAE | classificació nacional d'activitats econòmiques |
| CO | professor/a col·laborador/a |
| CODALAB | Control, dinàmica i aplicacions |
| CPSV | Centre de Política de Sòl i Valoracions |
| CRAHI | Centre de Recerca Aplicada en Hidrometeorologia |
| CRnE | Centre de Recerca en Nanoenginyeria |
| CSIC | Consell Superior d'Investigacions Científiques |
| CTA | revistes no indexades i no considerades notables |
| CTT | Centre de Transferència de Tecnologia |
| CU | catedràtic/a d'universitat |
| Delft | Universitat de Tecnologia de Delft |
| DGICYT | Direcció General de Recerca Científica i Tècnica |
| DITEC | Diagnosi i tècniques d'intervenció en la restauració i rehabilitació d'edificis |
| DIV | articles de divulgació |
| DURSI | Departament d'Universitats, Recerca i Societat de la Informació |
| EC | Departament d'Enginyeria de la Construcció de la Universitat Politècnica de Catalunya |
| ECEC | enginyeria civil i enginyeria de la construcció |
| EDP | equivalent a dedicació plena |
| EGEO | Grup de Recerca Enginyeria Geomàtica |
| EHMA | Departament d'Enginyeria Hidràulica, Marítima i Ambiental de la Universitat Politècnica de Catalunya |
| EMCI | Departament d'Enginyeria Mecànica i de la Construcció Industrial de la Universitat de Girona |
| ENPC | Escola Nacional de Ponts i Camins de París |
| EPFL | Escola Politècnica Federal de Lausana |
| ESI | <i>Essential Science Indicators</i> |
| ETCG | Departament d'Enginyeria del Terreny, Cartogràfica i Geofísica de la Universitat Politècnica de Catalunya |
| ETH | Escola Federal Politècnica de Zuric |
| ETSECCPB | Escola Tècnica Superior d'Enginyers de Camins, Canals i Ports de Barcelona |

| | |
|---------|--|
| EXIT | Enginyeria de les xarxes d'infraestructures del territori |
| FCIHS | Fundació Centre Internacional d'Hidrologia Subterrània |
| FI | formació d'investigadors |
| FLUMEN | Grup de Recerca en Dinàmica Fluvial i Enginyeria Hidrològica |
| FPI | formació de personal investigador |
| FPU | formació de personal universitari |
| GAT | Grup d'Arquitectura i Tecnologia |
| GEMMA | Grup d'Enginyeria i Microbiologia del Medi Ambient |
| GHS | Grup d'Hidrologia Subterrània |
| GIACA | Grup de Recerca de l'Àrea de Construccions Arquitectòniques de la Universitat Internacional de Catalunya |
| GICITED | Grup Interdisciplinari de Ciència i Tecnologia a l'Edificació |
| GIES | Geofísica i enginyeria sísmica |
| GITS | Modelització integral de conques i transport de sediments |
| GPS | sistema de posicionament global |
| GRAHI | Grup de Recerca Aplicada en Hidrometeorologia |
| GRC | grup de recerca consolidat |
| GRE | grup de recerca emergent |
| GREIP | Grup de Recerca d'Edificació i Patrimoni |
| GRIC | Grup de Recerca i Innovació de la Construcció |
| GRS | grup de recerca singular |
| IC | Col·legi Imperial de Londres |
| ICC | Institut Cartogràfic de Catalunya |
| ICRA | Fundació Institut Català de Recerca de l'Aigua |
| ICREA | Institució Catalana de Recerca i Estudis Avançats |
| ICTS | instal·lació científica i tècnica singular |
| IEC | Institut d'Estudis Catalans |
| IF | factor d'impacte |
| IG | Institut de Geomàtica |
| IIC | Institut Ildefons Cerdà |
| IMAT | Centre Tecnològic de la Construcció |
| INE | Institut Nacional d'Estadística |
| IREC | Institut de Recerca en Energia de Catalunya |

| | |
|-----------------|--|
| ISI | Institute for Scientific Information |
| ITEC | Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya |
| ITT | Departament d'Infraestructura del Transport i del Territori de la Universitat Politècnica de Catalunya |
| JCR | <i>Journal Citation Report</i> |
| KTH | Reial Escola Tècnica Superior d'Estocolm |
| LaCàN | Laboratori de Càlcul Numèric |
| LAMOT | Laboratori d'Anàlisi i Modelització del Transport |
| LCPC | Laboratori Central de Ponts i Camins de París |
| LE | professor/a lector/a |
| LESEC | Laboratori d'Estudis Socials de l'Enginyeria Civil |
| LGAI | Laboratori General d'Assaigs i Investigacions |
| LIM | Laboratori d'Enginyeria Marítima |
| LITEM | Laboratori per a la Innovació Tecnològica d'Estructures i Materials |
| LOE | Llei d'ordenació de l'edificació |
| M€ | milió d'euros |
| MAIII | Departament de Matemàtica Aplicada III de la Universitat Politècnica de Catalunya |
| MATCAR | Materials de construcció i carreteres |
| MC ² | Grup de Mecànica Computacional en Medis Continus |
| MCT | Ministeri de Ciència i Tecnologia |
| MEC | Ministeri d'Educació i Ciència |
| MECMAT | Mecànica i nanotecnologia de materials d'enginyeria |
| Milà | Universitat Politècnica de Milà |
| MSR | Mecànica de sòls i de les roques |
| MTA | Modelització i tecnologia ambiental |
| n-ENG | Grup de Nanoenginyeria de Materials Nanoestructurats amb Aplicacions Energètiques i Mediambientals |
| NOT | revistes no indexades i considerades notables |
| NRG | Riscos naturals i geoestadística |
| PAC | personal acadèmic |
| PAR | punt d'activitat de recerca |

| | |
|----------------|---|
| PAS | personal administratiu i de serveis |
| PATT | punt d'activitat de transferència de tecnologia |
| PIB | producte interior brut |
| PIME | petita i mitjana empresa |
| PM | Programa Marc |
| R+D | recerca i desenvolupament |
| R+D+I | recerca, desenvolupament i innovació |
| RMEE | Departament de Resistència de Materials i Estructures a l'Enginyeria de la Universitat Politècnica de Catalunya |
| SCI | <i>Science Citation Index</i> |
| SEOPAN | Associació d'Empreses Constructores d'Àmbit Nacional |
| SIG | sistema d'informació geogràfica |
| Stanford Univ. | Universitat de Stanford |
| TAMU | Universitat A&M de Texas |
| TC | temps complet |
| TE | Tecnologia d'estructures |
| TEU | professor/a titular d'escola universitària |
| TIC | tecnologies de la informació i les comunicacions |
| TP | temps parcial |
| TU | professor/a titular d'universitat |
| TUB | Universitat Tècnica de Berlín |
| TUDAR | Escola Tècnica Superior de Darmstadt |
| TUDEN | Universitat Politècnica de Dinamarca |
| UAB | Universitat Autònoma de Barcelona |
| UB | Universitat de Barcelona |
| UC Berkeley | Universitat de Califòrnia a Berkeley |
| UdG | Universitat de Girona |
| UdL | Universitat de Lleida |
| UE | Unió Europea |
| UFK | Universitat de Karlsruhe |
| UFRJ | Universitat Federal de Rio de Janeiro |
| UIC | Universitat Internacional de Catalunya |
| UIUC | Universitat d'Illinois |

| | |
|------|--|
| UNAM | Universitat Nacional Autònoma de Mèxic |
| UPC | Universitat Politècnica de Catalunya |
| UPF | Universitat Pompeu Fabra |
| UPM | Universitat Politècnica de Madrid |
| UPV | Universitat Politècnica de València |
| URL | Universitat Ramon Llull |
| URV | Universitat Rovira i Virgili |
| USP | Universitat de São Paulo |
| UTL | Universitat Tècnica de Lisboa |
| V | professor/a visitant |
| VAB | valor afegit brut |
| WoS | <i>Web of Science</i> |

Resum

El present document ofereix una anàlisi de les activitats de recerca científica i de transferència de tecnologia en l'àrea de l'enginyeria civil i l'enginyeria de la construcció durant el període comprès entre els anys 2003 i 2009. L'anàlisi considera els recursos humans i econòmics dedicats; el suport obtingut de les instàncies catalanes, espanyoles i europees, i els resultats de producció científica i de transferència de tecnologia. Els resultats més importants són analitzats a través d'indicadors quantitius de caràcter objectiu. Es manté en gran mesura l'estructura i la metodologia desplegadas en l'elaboració dels reports dels períodes anteriors, per tal de facilitar una comparació i una anàlisi de l'evolució al llarg dels darrers anys.

El període en estudi es va caracteritzar pel manteniment d'una fase d'important expansió econòmica. A Catalunya, el sector de la construcció hi va assolir una gran dimensió, amb un valor mitjà anual de producció de prop d'un 9 % del producte interior brut (PIB) i ocupant més d'un 5% de la població activa. Catalunya, amb gairebé 200.000 treballadors ocupats, ha estat el segon territori europeu amb una proporció més gran de població activa dedicada al sector de la construcció. A partir de l'any 2008, i amb l'arribada de la crisi financera mundial i la crisi immobiliària de l'Estat espanyol, l'economia catalana entra en un període recessiu, amb una important contracció de la demanda i una creixent destrucció d'ocupació.

Malgrat la importància econòmica del sector de la construcció, pot afirmar-se que la seva inversió en recerca ha estat molt reduïda. A l'Estat espanyol, la inversió de les empreses relacionades amb la construcció en innovació hi ha representat solament el 3,2 % del total aportat pels sectors econòmics, mentre que la inversió en recerca i desenvolupament (R+D) ha estat solament el 2,4 % del total. En comparació amb el sector de la construcció, la indústria inverteix en innovació i R+D deu vegades més i els serveis ho fan unes quinze vegades més. A més, aquestes diferències s'han incrementat sensiblement respecte de l'any 2000. Malgrat la limitada aportació del sector de la construcció a la R+D, la principal font de recursos per a la recerca han estat els contractes i els convenis amb empreses, la contribució dels quals ha superat els fons públics obtinguts a través de convocatòries competitives per al finançament de projectes estatals i europeus. De fet, una dificultat afegida per a la consecució de fons per a la recerca és l'absència de línies prioritàries o específicament relacionades amb la

construcció dins dels programes o plans de finançament públic nacionals o internacionals. Habitualment, la recerca en construcció ha hagut de trobar oportunitats en àmbits de caràcter general relacionats amb els materials, la producció industrial o la sostenibilitat. Tanmateix, i com a novetat, durant el període 2003-2009, el Govern d'Espanya ha aprovat dos plans nacionals de recerca científica, desenvolupament i innovació tecnològica (el cinquè i el sisè) amb un programa específic sobre construcció dotat d'un finançament significatiu, del qual Catalunya ha obtingut una quantitat equivalent a un 15 % del total.

En aquest context, i malgrat les limitacions esmentades, el col·lectiu d'investigadors de les universitats i dels centres de recerca relacionats amb l'enginyeria civil i l'enginyeria de la construcció s'ha mostrat força actiu i ha donat lloc a una producció científica i tècnica ben remarcable tant en quantitat com en qualitat. Durant el període estudiat, l'àrea s'ha caracteritzat per la consolidació i la millora del nivell d'excel·lència científica ja observat en els reports anteriors.

D'acord amb l'estudi realitzat, Barcelona aporta un 19,3 % de la producció científica en l'àrea, i dins d'Europa, ocupa un tercer lloc, després de Delft i Londres. A més, entre les ciutats europees capdavanteres en producció científica, Barcelona ha estat la que més ha augmentat la seva contribució al coneixement durant el període considerat. D'altra banda, i gràcies a l'important progrés experimentat durant els darrers anys, la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) ha esdevingut, en l'àmbit europeu, un dels principals centres de recerca dins de l'àrea de l'enginyeria civil i de la construcció, fins al punt de consolidar una segona posició, en termes de producció científica de qualitat, entre les universitats tecnològiques del continent.

Prefaci

Durant la darrera dècada, el sector de la construcció ha estat un dels sectors amb més pes dins de l'economia dels països europeus i ha influït de manera molt determinant en els cicles de creixement i recessió viscuts durant aquest període a l'Estat espanyol i a Catalunya. Durant el període 2003-2009, el sector de la construcció va mantenir un valor mitjà anual de producció d'un 17 % sobre el PIB i va ocupar un 10,4 % de la població activa de l'Estat espanyol. El període en estudi es va caracteritzar, fins a l'any 2007, per una fase d'expansió econòmica sostinguda, amb un creixement mitjà d'un 3,5 % anual. A partir de l'any 2008, i amb l'arribada de la crisi financera mundial, s'inicia un període d'intensa recessió, amb una important contracció de la demanda i el consum i una creixent destrucció d'ocupació.

Malgrat la importància econòmica, l'aportació del sector en recerca i innovació tecnològica ha estat tradicionalment molt reduïda per comparació amb altres sectors de l'activitat econòmica. A l'Estat espanyol, les empreses relacionades amb la construcció van invertir en innovació, durant el període 2003-2009, solament el 3,2 % del total aportat a la innovació per les empreses del conjunt de sectors econòmics. La inversió en R+D va ser encara inferior i va representar solament un 2,4 % de la inversió realitzada pel conjunt dels sectors econòmics.

L'escassa inversió en recerca que realitza el sector contrasta amb la vitalitat i l'elevada productivitat dels centres de recerca i de les universitats de Catalunya. La capacitat investigadora d'aquests centres i universitats és palesa tant en l'obtenció dels recursos com en la seva transformació en resultats científics d'alt nivell. Els resultats obtinguts pels investigadors de l'àrea de l'enginyeria civil i l'enginyeria de la construcció posen de manifest l'assoliment d'un elevat nivell d'excel·lència investigadora, la qual és visible, en particular, en el nombre de publicacions en revistes de reconegut prestigi internacional.

El present document desenvolupa aquestes qüestions, alhora que dona continuïtat als dos documents anteriors, realitzats per encàrrec de l'Institut d'Estudis Catalans (IEC) i coordinats per Antonio Aguado i Joan Ramon Casas, respectivament. La comparació entre els diversos reports permet observar la variació experimentada pels principals indicadors relacionats amb l'activitat de recerca des de l'any 1990 (l'inici del

període corresponent al primer report) fins a l'any 2009 (darrer any analitzat pel present report).

Per a la realització d'aquest report, s'ha comptat amb la col·laboració i l'assessoria de diverses persones, a les quals desitgem expressar el nostre agraïment. Entre elles, Antonio Aguado i Joan Ramon Casas, als quals agraïm l'ajuda i els suggeriments realitzats, i Llorenç Arguimbau, de l'Observatori de la Recerca de l'IEC, que ha col·laborat amb valuosa informació i suport al llarg de tot el procés de redacció. Agraïm també la col·laboració del Gabinet de Planificació, Avaluació i Qualitat de la UPC, que ha facilitat les dades estadístiques relatives a aquesta universitat. Agraïm finalment la informació aportada per Miquel Codina, de la Biblioteca Rector Gabriel Ferraté (BRGF) de la UPC, en relació amb els estudis comparatius sobre publicació científica realitzats per aquesta entitat.

1. INTRODUCCIÓ

1.1. *Motivació i objectius*

El 1995, el Consell Permanent de l'IEC acordà endegar el projecte d'elaboració d'un estudi sobre l'estat de la recerca a Catalunya en relació amb la comunitat científica internacional, el qual havia d'incloure una sèrie d'informes periòdics sobre les diferents àrees de l'activitat científica. El projecte, denominat *Reports de la recerca a Catalunya* i iniciat el desembre del 1995, preveu que cada informe proporcioni informació i reflexions sobre els objectius generals de la recerca, l'evolució i les tendències, la situació actual i una anàlisi prospectiva, juntament amb dades globals de finançament i de productivitat del sistema de recerca català.

El projecte inclou, en particular, la realització d'un report específic per a l'àrea de l'enginyeria civil i l'enginyeria de la construcció, l'objectiu del qual és presentar la situació d'aquests àmbits i les seves característiques tant des del punt de vista científic com des del punt de vista de la transferència de tecnologia al món empresarial. S'hi tracten les persones, els recursos disponibles i els resultats obtinguts en el context d'aquestes activitats.

El primer report de la recerca en l'àrea de l'enginyeria civil i l'enginyeria de la construcció va cobrir el període comprès entre els anys 1990 i 1995 i va ser elaborat per un equip d'experts liderats pel professor Antonio Aguado. A principi de l'any 2003, el Departament d'Universitats, Recerca i Societat de la Informació (DURSI) de la Generalitat de Catalunya va comunicar a l'IEC el seu interès per la continuació del projecte iniciat a final de 1995. En conseqüència, es va procedir a realitzar una actualització dels reports relatius a les diferents àrees. El segon report sobre l'àrea de l'enginyeria civil i de la construcció va cobrir el període comprès entre els anys 1996 i 2002 i va ser realitzat per Joan Ramon Casas (nomenat director del treball) en col·laboració amb un grup d'experts.

Un cop transcorregut un cert període de temps, l'IEC ha decidit de dur a terme una tercera edició dels reports de la recerca, incloent-hi de nou, en particular, un report sobre la recerca en l'àrea de l'enginyeria civil i de la construcció entre els anys 2003 i 2009. La realització d'aquest nou report ha estat encomanada a Pere Roca, per invitació del president de la Secció de Ciències i Tecnologia de l'IEC.

L'objecte del document és, doncs, analitzar l'estat actual de les activitats de recerca científica i de transferència de tecnologia en l'àrea de l'enginyeria civil i l'enginyeria de la construcció, tot considerant els recursos humans i econòmics dedicats i el suport obtingut de les instàncies catalanes, espanyoles i europees, i avaluant els resultats obtinguts en termes de producció científica i de transferència de tecnologia. Els resultats més importants són analitzats a través d'indicadors quantitius de caràcter objectiu. Es manté en gran mesura l'estructura i la metodologia desplegades en l'elaboració dels reports anteriors, per tal de facilitar una comparació i una anàlisi de l'evolució de l'estat de la recerca al llarg dels períodes reportats.

Tot mantenint el criteri dels reports anteriors, el present document s'ha limitat principalment als aspectes relacionats amb la R+D, deixant de banda allò relatiu a la innovació. Tal com s'esmentava en l'anterior report, la innovació no implica una correspondència directa amb la R+D, ja que el seu abast és més ampli i els seus objectius són uns altres. En particular, la innovació pot basar-se en el sistema de ciència i tecnologia d'un altre país. Tanmateix, en l'apartat 1.3 es realitzaran algunes consideracions sobre la importància de la innovació en el sector de la construcció.

1.2. Metodologia de treball

L'estudi es basa en l'anàlisi d'una gamma àmplia de dades estadístiques i d'indicadors objectius facilitats per l'Observatori de la Recerca de l'IEC i per altres entitats. Especialment importants, per l'alt nivell d'elaboració i l'accessibilitat, han estat les dades estadístiques elaborades i facilitades per la UPC. S'han considerat, en particular, els informes anuals sobre dades estadístiques i de gestió elaborats pel Gabinet de Planificació, Avaluació i Qualitat de la UPC i els informes anuals sobre els indicadors d'activitats de recerca i de transferència de resultats de la recerca elaborats a instàncies del Vicerectorat de Política Científica d'aquesta universitat. Per a la realització de l'estudi bibliomètric, ha estat fonamental l'aportació de l'Observatori de la Recerca de l'IEC. S'ha considerat també un estudi independent realitzat a petició de l'Escola Tècnica Superior d'Enginyers de Camins, Canals i Ports de Barcelona (ETSECCPB) per la BRGF de la UPC.

Com ja s'ha esmentat, s'han tingut molt presents el contingut i els criteris emprats en l'elaboració dels reports anteriors, relatius als períodes 1990-1995 i 1996-2002, per tal de permetre una comparació i un seguiment de l'evolució experimentada per la recerca al llarg d'aquests períodes. En particular, l'estudi bibliomètric reproduïx una metodologia aproximativa, introduïda en el primer report i continuada en el segon, que permet realitzar una estimació quantitativa de l'aportació catalana al coneixement, en l'àmbit internacional, en forma de resultats publicats en revistes de prestigi.

1.3. Situació del sector de la construcció durant el període analitzat

El període en estudi s'ha caracteritzat, fins a l'any 2007, pel manteniment d'una fase d'expansió econòmica sostinguda, amb un creixement mitjà d'un 3,5 % anual des de l'any 1995 (*Informe anual de l'R+D i la innovació a Catalunya*, 2011). A partir de l'any 2008, i amb l'arribada de la crisi financera mundial i l'esclat de l'anomenada *bombolla immobiliària*, l'economia catalana entra en un període recessiu, amb una important contracció de la demanda i el consum i una creixent destrucció d'ocupació. Durant aquest període, a l'Estat espanyol, el sector de la construcció ha influït molt fortament en l'evolució de l'economia i ha contribuït molt directament a amplificar les fases expansiva i recessiva esmentades. La importància del sector de la construcció durant el període queda palesa en la taula 1, on s'indica l'evolució de diferents paràmetres relacionats amb la construcció entre els anys 2002 i 2010. Durant aquest període, el valor mitjà anual de la producció del sector de la construcció sobre el PIB espanyol ha estat d'un 17 % i la població ocupada pel sector respecte del total de població activa ha estat del 10,4 %. La taula 1 permet observar un creixement mantingut de la participació de la construcció en el PIB i de la població ocupada pel sector fins a l'any 2007 i un descens gradual a partir de l'any 2008.

TAULA 1
*Variació de dades relatives a la producció i la població ocupada
 en el sector de la construcció (2002-2010)*

| Any | Producció interior (M€) | | | Percentatge producció sobre PIB | Valor afegit brut (VAB) sobre PIB | Treballadors ocupats (milers) | Població ocupada sobre el total |
|------|-------------------------|------------|---------|---------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| | Edificació | Obra civil | Total | | | | |
| 2002 | 89,190 | 28,272 | 117,462 | 16,1 % | 5,77 % | 1.980 | 10,5 % |
| 2003 | 97,972 | 31,948 | 129,920 | 16,6 % | 6,02 % | 2.101 | 10,7 % |
| 2004 | 109,717 | 34,948 | 144,665 | 17,2 % | 6,33 % | 2.253 | 11,2 % |
| 2005 | 124,774 | 40,384 | 165,158 | 18,2 % | 6,66 % | 2.357 | 11,3 % |
| 2006 | 140,819 | 46,061 | 186,880 | 19,0 % | 6,97 % | 2.542 | 11,8 % |
| 2007 | 150,211 | 50,246 | 200,457 | 19,0 % | 7,15 % | 2.697 | 12,2 % |
| 2008 | 138,647 | 54,246 | 192,893 | 17,7 % | 7,03 % | 2.404 | 10,5 % |
| 2009 | 109,281 | 55,064 | 164,345 | 15,6 % | 6,60 % | 1.888 | 8,2 % |
| 2010 | 98,652 | 49,488 | 148,140 | 13,9 % | 6,18 % | 1.650 | 7,1 % |

Font: Elaborat a partir de dades de SEOPAN (2010) i l'INE.

Durant aquest període, a causa del fort pes de les activitats immobiliàries i de la construcció, diversos territoris estatals es van situar, en l'àmbit europeu, entre els principals clústers industrials lligats a la construcció. De fet, el clúster català, que aplega una varietat d'indústries relacionades amb la fabricació de materials de construcció, activitats immobiliàries, projectes de gestió de l'aigua i obres d'edificació i enginyeria civil, va esdevenir un dels més grans a escala europea (*Informe anual de l'R+D i la innovació a Catalunya, 2011*).

Catalunya, amb una quarta part del PIB industrial de l'Estat espanyol (un 26,5 %), representa una proporció considerable del teixit productiu estatal, alhora que concentra un 23 % de la població ocupada, en dades de l'any 2009. A Catalunya, durant el període en estudi, el sector de la construcció hi ha estat el més rellevant pel que fa al nombre d'ocupats, amb un total de més de 192.000 treballadors (dada de l'any 2008), la qual cosa representa un 5,5 % de la població ocupada. El segon sector més important en nombre d'ocupats a Catalunya ha estat el de la indústria alimentària, que ha ocupat unes 96.800 persones (un 2,8 % de l'ocupació total). Catalunya ha estat el segon territori europeu amb una proporció més alta de treballadors ocupats en el sector, després d'Andalusia (amb 266.500 ocupats).

El pes relatiu del sector a Catalunya és menor que a la resta de l'Estat, pel seu nivell més alt de desenvolupament industrial i de diversificació productiva. De fet, s'observa que el pes relatiu del sector de la construcció en l'economia, durant els darrers anys, ha mantingut una certa relació inversa amb el nivell de desenvolupament i diversificació econòmica dels territoris estatals. Els territoris on la construcció ha pesat més sobre l'economia, en dades de l'Associació d'Empreses Constructores d'Àmbit Nacional (SEOPAN) de l'any 2006, han estat Extremadura (amb una relació de producció respecte del PIB, en relació amb l'estatal, del 137 %), Castella - la Manxa (124 %) i Andalusia (121 %). Els territoris amb menor pes relatiu de la construcció han estat el País Basc (83 %), Catalunya (85 %) i Madrid (90 %).

Pot afirmar-se que la inversió del sector de la construcció en recerca i innovació tecnològica ha estat molt limitada en relació amb la seva importància econòmica. En l'àmbit estatal, les empreses relacionades amb la construcció (identificades amb els codis 41, 42 i 43 en la classificació nacional d'activitats econòmiques [CNAE]) han invertit en innovació de mitjana, durant el període 2003-2009, solament el 3,2 % del total aportat a la innovació per les empreses del conjunt de sectors econòmics. Aquest percentatge de participació del sector en la innovació contrasta fortament amb el percentatge de producció sobre el PIB, que, com ja s'ha esmentat, ha estat d'un 17 %. Com pot observar-se en la taula 2, els fons dedicats a la innovació han variat gradualment en funció de la fase econòmica, tot experimentant un cert augment fins a l'any 2008 i una forta reducció a partir de l'any 2009. La inversió en R+D (taula 3) del sector de la construcció ha estat encara inferior i ha representat solament un 2,4 % de la inversió realitzada pel conjunt dels sectors econòmics.

TAULA 2
Despeses en innovació tecnològica per part de les empreses relacionades amb la construcció (codis CNAE 41,42 i 43) (2003-2010)

| <i>Despeses en innovació tecnològica (M€)</i> | | | |
|---|--------------------|--------------|----------------|
| <i>Any</i> | <i>Construcció</i> | <i>Total</i> | <i>Relació</i> |
| 2003 | 237 | 11.199 | 2 % |
| 2004 | 715 | 12.491 | 6 % |
| 2005 | 396 | 13.636 | 3 % |
| 2006 | 422 | 16.533 | 3 % |
| 2007 | 593 | 18.095 | 3 % |
| 2008 | 867 | 19.919 | 4 % |
| 2009 | 403 | 17.637 | 2 % |
| 2010 | 371 | 16.171 | 2 % |

Font: INE i, per a les dades de Catalunya, SEOPAN (2006).

TAULA 3
Despeses en R+D per part de les empreses relacionades amb la construcció (codis CNAE 41,42 i 43) (2003-2009)

| <i>Despeses en R+D (M€)</i> | | | |
|-----------------------------|--------------------|--------------|----------------|
| <i>Any</i> | <i>Construcció</i> | <i>Total</i> | <i>Relació</i> |
| 2003 | 70 | 4.434 | 2 % |
| 2004 | 70 | 4.865 | 1 % |
| 2005 | 115 | 5.485 | 2 % |
| 2006 | 161 | 6.558 | 2 % |
| 2007 | 49 | 1.421 | 3 % |
| 2008 | 242 | 8.074 | 3 % |
| 2009 | 190 | 7.568 | 3 % |
| 2010 | 58 | 1.569 | 4 % |

Font: INE.

L'anàlisi de les despeses realitzades en innovació i en R+D en relació amb la xifra de negoci és especialment eloqüent. En la taula 4 es compara aquesta relació en els sectors relatius a la indústria, els serveis i la construcció durant l'any 2000 i l'any 2009. En el sector dels serveis, tant la innovació com la R+D han experimentat augments molt substancials entre aquests dos anys. Per la seva banda, i en relació amb la xifra de negoci, la indústria ha reduït moderadament la inversió en innovació, però ha augmentat sensiblement la despesa en R+D. El sector de la construcció ha mantingut les despeses en innovació i en R+D en proporcions molt reduïdes, i molt inferiors als altres dos sectors analitzats. La relació de les despeses totals en innovació i R+D en la indústria respecte a la mateixa quantitat en la construcció és de 10 aproximadament. La mateixa proporció és de 15 aproximadament en el cas dels serveis. Aquestes diferències s'han incrementat sensiblement respecte de l'any 2000. En el report del període 1996-2002, s'hi feia esment d'un cert desequilibri en la distribució de la inversió entre innovació i R+D per part del sector de la construcció, ja que l'any 2000 la relació entre ambdues despeses era de 10, mentre que en els sectors de la indústria i dels serveis es trobava a l'entorn de 3. El report del període 1996-2002 atribuïa aquesta diferència al fet que la construcció és un sector en el qual s'aposta força més per la compra de béns i processos que per la recerca i generació de noves tecnologies. En les estadístiques de l'any 2009, aquesta diferència queda molt atenuada, amb una proporció entre despeses d'innovació i de R+D de 2; aquesta variació, però, es deu en gran mesura a una forta reducció de la despesa en innovació.

TAULA 4
Comparació de despeses en recerca, desenvolupament i innovació en diferents sectors productius

| <i>Sector</i> | <i>Despesa en innovació respecte a la xifra de negoci (%)</i> | | <i>Despesa en R+D respecte a la xifra de negoci (%)</i> | |
|---------------|---|-------------|---|-------------|
| | <i>2000</i> | <i>2009</i> | <i>2000</i> | <i>2009</i> |
| Indústria | 1,78 | 1,53 | 0,5 | 0,71 |
| Serveis | 0,48 | 2,37 | 0,18 | 0,95 |
| Construcció | 0,3 | 0,14 | 0,03 | 0,07 |

Font: Elaborat a partir de dades de l'INE.

Segons Maluquer de Motes (2009), la participació catalana a la R+D de les empreses dins del conjunt de l'Estat va ser especialment remarcable en el sector industrial, en el qual va assolir un 32,8 % de participació, així com en els serveis, en què el tant per cent de la R+D catalana sobre l'espanyola va ser del 23,8 % (dades de l'any 2004). La construcció, per contra, únicament va assolir el 10,4 % del total de la despesa en R+D del sector a escala estatal. La despesa empresarial en R+D del mateix any es va orientar en prop d'un 66 % del total a la indústria, una mica més del 33 % als serveis i l'1 % restant va quedar distribuït entre el sector agrari i la construcció en fraccions semblants.

Les causes que expliquen el reduït pes relatiu de la innovació i, especialment, de la R+D, ja esmentades en els anteriors reports, tenen a veure, principalment, amb l'estructura empresarial del sector. Entre d'altres, és possible esmentar l'alt grau d'atomització del sector, el qual comprèn un nombre molt elevat d'empreses, de les quals un elevat percentatge són petites empreses; la forta dependència del sector dels cicles econòmics i, particularment, el fortíssim impacte de la crisi financera a partir de l'any 2008; el fet que molts projectes de l'enginyeria civil són autèntics prototipus, cosa que dificulta o impedeix una producció sistemàtica o seriada; un nivell de formació i qualificació professional del personal d'obra inferior al d'altres sectors industrials; marges baixos que es compensen amb grans volums de feina; el predomini del preu enfront del valor o de la qualitat com a criteri d'adjudicació, especialment per part de l'Administració pública; l'accés relativament fàcil al sector de noves empreses, especialment en l'entorn de l'edificació, i en el cas de l'enginyeria civil, la manca d'un mercat pròpiament dit relatiu a les infraestructures civils, ja que el mercat es troba, de fet, monopolitzat per les administracions, la qual cosa resta incentiu a la competència i la innovació. Aquestes causes s'han mantingut vigents durant el període en estudi i han continuat condicionant l'esforç inversor del sector en innovació i R+D. En particular, la inversió en R+D s'ha desenvolupat, principalment, a les universitats i els centres de recerca i s'ha basat, en gran mesura, en la capacitat d'aquestes entitats per obtenir fons a través de convocatòries públiques competitives i de contractes amb empreses.

2. ENTITATS I GRUPS DE RECERCA

L'objectiu d'aquest apartat és oferir una visió panoràmica de les entitats i dels grups de recerca que treballen en l'entorn de l'enginyeria civil i de la construcció a Catalunya. En l'apartat 2.1 s'introdueixen les entitats de recerca, mentre que les diferents subàrees identificables dins l'àmbit es descriuen en l'apartat 2.2. En aquest darrer apartat s'enumeren els diferents grups de recerca reconeguts per les institucions públiques o pels mateixos centres universitaris, tot fent esment dels seus objectius i de l'àmbit de la seva recerca. De fet, les diferents entitats i subàrees ja han estat detalladament descrites en els anteriors reports, per la qual cosa l'èmfasi s'ha posat principalment en l'actualització de la informació aportada en les anteriors ocasions.

2.1. Entitats de recerca

Participen en la recerca dins l'àmbit de l'enginyeria civil i de la construcció un conjunt nombrós d'entitats, entre les quals hi ha diverses universitats amb orientació o contingut tecnològic, centres de recerca de finançament parcialment públic i altres institucions públiques i privades. A través de les seves diferents especialitzacions, aquestes entitats comprenen els diferents camps i els diferents nivells propis de l'àmbit, incloent-hi tant la investigació més bàsica com la investigació aplicada, i tant la investigació numèrica com l'experimental.

Entre les universitats públiques catalanes que ofereixen estudis i disposen de grups de recerca relacionats amb l'àrea, hi ha la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC), la Universitat de Girona (UdG), la Universitat Pompeu Fabra (UPF), la Universitat Rovira i Virgili (URV) i la Universitat de Lleida (UdL). Dues universitats privades, la Universitat Ramon Llull (URL) i la Universitat Internacional de Catalunya (UIC), realitzen també recerca i estudis relacionats amb la construcció. La UPC, que és, de fet, la gran universitat tecnològica de Catalunya i, alhora, una de les tres úniques universitats tecnològiques de l'Estat espanyol, presenta, en relació amb les altres entitats esmentades, un volum força més important tant en termes de recursos humans com de producció científica. Per l'important pes relatiu de la UPC, i tot mantenint el mateix

criteri que en els anteriors reports, la major part de l'anàlisi realitzada dins d'aquest report s'ha orientat als departaments i centres d'aquesta entitat.

Una certa mesura del volum dels diversos centres universitaris la dóna la corresponent oferta d'estudis de grau i de places de nou accés (taula 5). En conjunt, aquestes institucions han ofert el curs 2011-2012 sis estudis de grau diferents relacionats amb l'àmbit i un nombre total de 2.530 places de nou accés. D'aquestes places, la UPC en concentra el 75 %, a través de sis estudis de grau diferents. La segona institució amb un nombre més gran de places és la UdG, amb una oferta del 8,7 % i tres estudis de grau dins l'àrea. Cal notar que el nombre de places s'ha mantingut sensiblement estable al llarg dels darrers anys: respecte del curs 2003-2004, s'ha produït solament un lleu descens d'unes 80 places, el qual representa una reducció del 3,2 %. Tanmateix, a partir dels anys 2008 i 2009, l'arribada de la crisi econòmica ha suposat una certa reducció gradual del nombre de sol·licituds, fins al punt de dificultar, en alguns casos, una ocupació plena de l'oferta de places.

TAULA 5
*Universitats i centres docents on s'imparteixen titulacions de l'àmbit
i llista d'estudis de grau (2011)*

| <i>Universitats</i> | <i>Centres</i> | <i>Estudis (graus)</i> | <i>Places</i> |
|---------------------|---|--|---------------|
| UPC | Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Barcelona | Arquitectura | 380 |
| | Escola Tècnica Superior d'Arquitectura del Vallès | Arquitectura | 120 |
| | Escola Tècnica Superior d'Enginyers de Camins, Canals i Ports de Barcelona | Enginyeria civil | 140 |
| | | Enginyeria de la construcció | 190 |
| | | Enginyeria geològica | 50 |
| | Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona | Enginyeria de tecnologies industrials | 450 |
| | Escola Tècnica Superior d'Enginyeries Industrial i Aeronàutica de Terrassa | Enginyeria de tecnologies industrials | 180 |
| | Escola Politècnica Superior d'Edificació de Barcelona | Enginyeria d'edificació | 330 |
| | | Enginyeria geomàtica i topografia | 75 |
| UPF | ELISAVA Escola Superior de Disseny i Enginyeria de Barcelona | Enginyeria d'edificació | 60 |
| UdG | Escola Politècnica Superior | Arquitectura | 40 |
| | | Enginyeria d'edificació | 90 |
| | | Enginyeria de tecnologies industrials | 80 |
| URV | Escola Tècnica Superior d'Arquitectura | Arquitectura | 60 |
| UdL | Escola Politècnica Superior | Enginyeria de l'edificació | 60 |
| URL | Escola Tècnica Superior d'Arquitectura La Salle (seus de Barcelona i Tarragona) | Arquitectura | 170 |
| | | Ciències i tecnologies de l'edificació | 170 |
| UIC | Escola Tècnica Superior d'Arquitectura | Arquitectura | 60 |

Font: *Preinscripció universitària de Catalunya 2001: Llista de centres d'estudi: Convocatòria juny 2011*. Les dades referents a la URL i la UIC han estat facilitades telefònicament.

S'ha d'assenyalar que no tots els centres que apareixen en la taula 5 desenvolupen la seva activitat enterament en l'àrea de l'enginyeria civil i de la construcció. De fet, pot considerar-se que sols l'ETSECCPB treballa fonamentalment dins d'aquest àmbit. Dins dels camps de l'arquitectura i de l'enginyeria industrial, i als efectes del present report, s'han considerat com a part de l'àmbit les àrees de construccions arquitectòniques i de construccions industrials, respectivament, atesa la seva forta relació amb la tecnologia de la construcció.

Entre les entitats dedicades a la recerca, també hi ha les entitats pertanyents al sistema de Centres de Recerca de Catalunya (CERCA). Els centres CERCA estan parcialment finançats per la Direcció General de Recerca, que destina un programa pressupostari a les seves despeses estructurals. Entre els centres CERCA relacionats amb l'àrea de l'enginyeria civil i l'enginyeria de la construcció, hi ha el Centre Internacional de Mètodes Numèrics en Enginyeria (CIMNE), el Centre Internacional d'Investigació dels Recursos Costaners (CIIRC), l'Institut de Geomàtica (IG) i l'Institut de Recerca en Energia de Catalunya (IREC), vinculats a la UPC, i la Fundació Institut Català de Recerca de l'Aigua (ICRA), vinculada a la UdG. El CIMNE és un centre autònom de recerca altament internacionalitzat dedicat a impulsar els avenços en el desenvolupament i l'aplicació de mètodes numèrics aplicables a l'enginyeria. El CIIRC és un centre internacional orientat a l'estudi dels conflictes que afecten les zones costaneres i els seus recursos. L'IG, de caràcter multidisciplinari, està dedicat al desenvolupament de la geomàtica i a la innovació tecnològica en els camps de la geodèsia i la topografia. L'IREC té per objecte la recerca i el desenvolupament tecnològic en l'àmbit de l'energia, amb especial atenció a les tecnologies ambientalment sostenibles. L'ICRA constitueix un centre multidisciplinari de recerca de l'aigua, en relació amb els recursos hídrics i la qualitat i les tecnologies de tractament de l'aigua.

L'agència ACCIÓ de la Generalitat de Catalunya, constituïda amb la finalitat d'oferir suport a la innovació i a la internacionalització de l'empresa catalana, ha designat amb la marca TECNIO un grup de centres de recerca considerats experts en la investigació aplicada i en la transferència de tecnologia. Entre els centres TECNIO, hi ha centres tecnològics, centres de difusió tecnològica i grups universitaris. Com a centres TECNIO que mantenen una certa relació amb l'àmbit, és possible esmentar el Centre de Recerca Aplicada en Hidrometeorologia (CRAHI), vinculat a la UPC; el grup sobre Anàlisi i materials avançats per al disseny estructural (AMADE), vinculat a la UdG; el Centre Tecnològic de la Construcció (IMAT), constituït per una fundació

privada sense afany de lucre administrada per un conjunt d'empreses, i el grup de recerca GREA Innovació Concurrent, vinculat a la UdL. Pel seu volum i la important activitat de recerca, és pertinent esmentar el Centre Tecnològic Associació Catalana d'Empreses de Motlles i Matrius (ASCAMM): cal notar, però, que la major part de l'activitat d'aquest centre s'orienta cap a l'enginyeria industrial.

Cal esmentar també diversos centres reconeguts, consorciats o d'alguna manera vinculats a la UPC que desenvolupen l'activitat de recerca dins l'àmbit de l'enginyeria civil. El Centre Tecnològic de l'Aigua (CETaqua) s'orienta a la gestió i execució de projectes de recerca lligats a la gestió del cicle integral de l'aigua, i està participat per Agbar, la UPC i el Consell Superior d'Investigacions Científiques (CSIC). El Centre d'Innovació del Transport (CENIT) ha estat creat com a consorci entre la Generalitat de Catalunya i la UPC: la seva missió és generar coneixement sobre el transport i transmetre'l a la societat.

Els centres específics de recerca (CER) de la UPC són unitats singulars pertanyents a aquesta institució amb projecció externa pròpia, que tenen com a funció principal l'atenció a la demanda d'entitats públiques o privades externes en uns camps específics de recerca. A banda d'algunes entitats ja esmentades (CIIRC, CRAHI, CIMNE, IMAT, CETaqua, CENIT), entre els CER relacionats amb l'àmbit de l'enginyeria civil i de la construcció, hi ha el Laboratori de Càlcul Numèric (LaCàN), el Laboratori d'Enginyeria Marítima (LIM), el Laboratori per a la Innovació Tecnològica d'Estructures i Materials (LITEM), el Centre d'Innovació de Tecnologia d'Estructures i Construcció (CEINTEC), el Centre de Recerca en Nanoenginyeria (CRnE), el Grup de Recerca en Dinàmica Fluvial i Enginyeria Hidrològica (FLUMEN), la Fundació Centre Internacional d'Hidrologia Subterrània (FCIHS) i el Centre de Política de Sòl i Valoracions (CPSV).

Part de les dades presentades en aquest informe (com ara els imports dels projectes de recerca) han estat directament aportades per aquestes entitats, mentre que d'altres (com ara els resultats de la recerca) queden incloses en les dades generals dels departaments universitaris als quals es troben vinculades. Cal notar, però, que les dades relatives als departaments també inclouen la contribució del personal docent i investigador no adscrit a cap grup de recerca, que és, en alguns casos, força important.

Entre les institucions públiques o privades no vinculades a les universitats i amb activitats parcialment o totalment relacionades amb l'àmbit, és possible esmentar l'Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC), l'Institut Ildefons Cerdà (IIC), l'Institut de

Tecnologia de la Construcció de Catalunya (ITEC) i el Laboratori General d'Assaigs i Investigacions (LGAI). Juntament amb aquestes entitats, és possible esmentar-ne d'altres que realitzen activitats en camps frontera respecte de l'àmbit en estudi. Entre aquestes, hi ha l'Institut de Ciència de Materials de Barcelona del CSIC; l'Institut d'Estudis Territorials, associat a la UPF; comissions específiques de col·legis professionals, i empreses privades.

2.2. Descripció de les subàrees i dels grups de recerca

2.2.1. Gestió de l'aigua

La gestió de l'aigua, en la seva multiplicitat de vessants, constitueix un dels principals objectes de l'enginyeria civil. Entre els principals reptes plantejats per la gestió de l'aigua, s'hi troben l'assegurança d'un subministrament fiable a tothom, la prevenció d'avingudes i la minimització de l'impacte ambiental provocat pel consum i la utilització de l'aigua. Els principals camps més directament relacionats amb l'enginyeria civil són l'enginyeria hidràulica, la hidrologia, la hidrologia subterrània i l'enginyeria ambiental.

A Catalunya, dins d'aquesta àrea, hi ha una activitat important distribuïda entre un gran nombre d'entitats. Tanmateix, els grups més directament relacionats amb les aplicacions de l'enginyeria civil formen part del Departament d'Enginyeria Hidràulica, Marítima i Ambiental (EHMA) i del Departament d'Enginyeria del Terreny, Cartogràfica i Geofísica (ETCG) de la UPC, així com del CETaqua. Dins del primer departament esmentat, el FLUMEN és actiu en un conjunt ampli de línies de recerca, entre les quals hi ha la hidrologia urbana, incloent-hi els grans col·lectors pluvials i les inundacions en el medi urbà; la incidència dels embassaments en el comportament natural dels rius; l'impacte de les infraestructures en les característiques hidrològiques naturals; les riuades i les mesures per disminuir el risc per inundació; la restauració d'espais fluvials; la limnologia física d'embassaments i la hidràulica de preses, i el disseny i l'automatització de canals. El grup sobre Modelització integral de conques i transport de sediments (GITS) estudia l'impacte del transport sòlid en els processos de morfologia i estabilitat de conques a través de models físics i numèrics, així com les

metodologies per a la restauració de lleres i riberes. L'activitat del grup inclou la investigació de processos físics especials, com ara els corrents de densitat, els fluxos detrítics en alta muntanya, la interacció entre flux i vegetació, el transport reactiu en rius i els fluxos turbulents i la resuspensió en embassaments.

El CRAHI, vinculat al segon departament esmentat, orienta la seva activitat a la recerca sobre les necessitats de la gestió i la previsió hidrometeorològica i treballa, en particular, en el desenvolupament d'algorismes i models de previsió dels processos que controlen el cicle de l'aigua superficial. El Grup d'Hidrologia Subterrània (GHS), que manté una estreta relació amb el CRAHI, estudia la caracterització de medis permeables mitjançant dades hidràuliques, hidroquímiques i isotòpiques ambientals, amb aplicació dirigida vers els recursos de l'aigua subterrània, la gestió dels aqüífers, l'estudi de les zones humides i pantanoses, la intrusió marina al terreny, l'emmagatzemament subterrani de residus i l'estudi de la zona no saturada. Les activitats del grup comprenen la modelització numèrica i l'adquisició experimental de dades.

El CETaqua realitza la seva recerca en els problemes mediambientals i tecnològics lligats a la gestió del cicle integral de l'aigua. Les seves línies de recerca inclouen l'estudi de recursos hídrics alternatius tals com la reutilització i l'aprofitament d'aigües pluvials i la recàrrega d'aqüífers; l'impacte del canvi global; la gestió eficient de les infraestructures relacionades amb el cicle de l'aigua; el tractament i la monitorització de la qualitat de l'aigua; la millora del consum energètic; la introducció d'energies renovables, i la gestió de la demanda de l'aigua.

L'ICRA té com a missions fomentar la recerca bàsica i aplicada i potenciar la transferència de coneixements i tecnologia i la innovació en relació amb la gestió dels recursos hídrics i l'avaluació de la qualitat i el tractament de l'aigua.

2.2.2. Enginyeria marítima i costanera

La principal recerca en el marc de l'enginyeria marítima i costanera es realitza dins del CIIRC i el LIM, vinculats a la UPC. El grup LIM-CIIRC/UPC és un CER emmarcat en l'àmbit de l'EHMA de l'ETSECCPB. El LIM-CIIRC/UPC és, per tant, un centre de recerca que té com a únic objectiu generar i transferir coneixement i tecnologia en el camp de l'enginyeria marítima i de les ciències del mar, així com la

innovació en aquests àmbits, juntament amb una activa contribució a la formació de professionals i investigadors altament qualificats en aquests camps.

Les principals línies temàtiques de treball són la hidrodinàmica costanera i d'estuari; el clima i la qualitat del medi ambient marí; la física i l'enginyeria oceanogràfiques; la morfologia costanera; l'enginyeria portuària i costanera, i la gestió de la zona costanera i dels seus recursos. El LIM-CIIRC/UPC ha desenvolupat un conjunt molt avançat de models numèrics capaços de simular la dinàmica de l'onatge, els corrents, les mareas, l'evolució costanera i la dispersió de sediments i contaminants. Complementàriament a les línies de treball i a la investigació desenvolupades en el grup, el LIM-CIIRC/UPC acull i gestiona el Canal d'Investigació i Experimentació Marítima (CIEM), que va ser reconegut com a *large scale facility* per la Unió Europea (UE) el 1996, i com a instal·lació científica i tècnica singular (ICTS) el 2006 pel Ministeri d'Educació i Ciència (MEC) espanyol.

2.2.3. Construccions arquitectòniques

L'àrea de construccions arquitectòniques ha estat tradicionalment vinculada a l'àmbit de l'arquitectura i l'edificació. Les activitats desenvolupades en el seu context es caracteritzen per un marcat aprofundiment tecnològic. L'àrea presenta actualment quatre grans subàrees, relatives al condicionament i els serveis dels espais habitables, de gran actualitat per la importància que ha adquirit l'eficiència energètica; les estructures arquitectòniques; la construcció arquitectònica, bàsicament orientada a l'estudi dels tancaments i revestiments, i la rehabilitació dels edificis i la restauració de les construccions patrimonials.

La recerca en l'àrea de les construccions arquitectòniques manté una relació molt directa amb la qualitat de vida dels ciutadans, a través del seu impacte en els diferents elements que formen els habitatges i els edificis en general, incloent-hi tant els elements portants (l'estructura) com els elements protectors (façanes, cobertes, revestiments) i les instal·lacions. Els avenços en aquest camp repercuteixen directament sobre les condicions de seguretat i confort que experimenta la ciutadania com a conseqüència de la utilització del parc edificat i del seu manteniment i millora. Amb la sensibilització envers el respecte pel medi ambient, la indústria de la construcció ha trobat un repte addicional en la selecció de materials i la instauració de procediments

constructius satisfactoris des del punt de vista de la sostenibilitat. La missió principal d'aquest important camp de recerca resideix en la reducció de la despesa energètica i la quantitat de residus que genera el sector.

A Catalunya, treballen dins d'aquesta subàrea els departaments de Construccions Arquitectòniques I (CA1) i Construccions Arquitectòniques II (CA2) de la UPC. Cal fer també esment de l'ITEC. Dins de la UPC, el grup de recerca sobre Arquitectura, energia i medi ambient (AIEM) està dedicat a la recerca sobre el condicionament ambiental a l'arquitectura, la integració de tècniques i sistemes basats en energies renovables i l'estudi de l'impacte mediambiental de l'arquitectura i l'urbanisme. El CPSV és actiu en la gestió i administració de l'urbanisme, la valoració urbana, els sistemes d'informació geogràfica, la modelització virtual, el medi ambient i la qualitat de vida urbana sostenible. El grup sobre Diagnosi i tècniques d'intervenció en la restauració i rehabilitació d'edificis (DITEC) orienta la seva recerca cap a les tècniques i els criteris de diagnosi i els sistemes per a la restauració, la rehabilitació i el manteniment d'edificis. El Grup d'Arquitectura i Tecnologia (GAT) treballa sobre la relació entre l'arquitectura i la tecnologia, i comprèn la construcció arquitectònica, els materials, els elements, els sistemes i les tècniques. El Grup Interdisciplinari de Ciència i Tecnologia a l'Edificació (GICITED) realitza la seva recerca en els materials de construcció i en la simulació de processos fisicoquímics a partir de models matemàtics. El Grup de Recerca d'Edificació i Patrimoni (GREIP) desenvolupa la seva activitat en el patrimoni construït, així com en la modelització, la durabilitat i el manteniment de l'edificació. El grup sobre Materials de construcció i carreteres (MATCAR) és actiu en la recerca sobre materials de construcció durables i sostenibles aplicables a la construcció de carreteres, edificacions i estructures civils, i també en la minimització de l'impacte ambiental i la utilització de residus.

Les activitats de l'ITEC es relacionen amb la generació i difusió d'informació i coneixement relatius als procediments i materials de construcció, els sistemes de gestió del procés constructiu i l'avaluació i certificació de productes i activitats.

El Grup de Recerca de l'Àrea de Construccions Arquitectòniques (GIACA) de l'Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de la UIC, creat l'any 2008, s'ha especialitzat, i és actualment molt actiu, en la investigació de sistemes constructius innovadors basats en els materials ceràmics, tant per a elements estructurals (paviments, voltes) com no estructurals (façanes).

2.2.4. Enginyeria de la construcció

La recerca dins l'àrea de l'enginyeria de la construcció es desenvolupa principalment en l'entorn del departament del mateix nom de la UPC (Departament d'Enginyeria de la Construcció [EC]), l'activitat del qual engloba tres grans àrees: la tecnologia d'estructures, els materials de construcció i les construccions industrials. El grup de recerca de Tecnologia d'estructures (TE) manté una àmplia dedicació al camp de les estructures, els procediments constructius i els materials estructurals. L'objectiu és dissenyar noves aplicacions que permetin avançar en la sostenibilitat, l'aprofitament energètic i la reducció dels temps i costos dels processos constructius. El grup treballa en l'anàlisi d'estructures tant de nova planta com existents. Els estudis combinen diversos enfocaments, que comprenen des dels mètodes numèrics fins als assaigs en el laboratori. La Secció de Materials de Construcció, dins del mateix departament, té una llarga experiència en l'estudi de la utilització de residus i subproductes en la construcció. La seva activitat inclou l'anàlisi del comportament dels materials de construcció; la durabilitat dels materials, i del formigó en particular; el reciclatge de residus, i l'impacte ambiental dels materials. Una tendència nova en aquest grup és l'obertura cap a la incorporació de la nanotecnologia per a temes específics associats al sector. La secció s'integra parcialment dins del grup de recerca MATCAR ja esmentat. Dins l'àrea de construccions industrials, el Grup de Recerca i Innovació de la Construcció (GRIC) realitza investigació sobre processos, formes i solucions constructius que, a través del disseny i de la gestió, resultin satisfactòriament sostenibles i respectuosos amb el medi ambient i, alhora, competitius. La recerca comprèn les diferents vessants del procés constructiu, incloent-hi la gestió d'obres i projectes constructius, la gestió de la informació i el coneixement, la sostenibilitat i el desenvolupament de solucions innovadores en materials, tècniques i sistemes constructius.

El centre AMADE constitueix alhora un grup de recerca i un centre de transferència tecnològica que integra investigadors dels departaments d'Enginyeria Mecànica i de la Construcció Industrial (EMCI) i de Física de la UdG. L'AMADE desenvolupa recerques orientades cap al disseny i l'ús de materials compostos, la simulació numèrica del comportament mecànic estructural i la concepció i el disseny de maquinària.

El grup de recerca GREA Innovació Concurrent de la UdL, principalment orientat cap a aplicacions industrials, també treballa en àrees d'interès per a la construcció i l'enginyeria civil, com ara l'enginyeria energètica, el disseny i l'optimització de maquinària i els procediments per a l'automatització i el control.

Dins aquest àmbit, també es realitzen treballs al grup de R+D del Col·legi d'Aparelladors, Arquitectes Tècnics i Enginyers d'Edificació; a l'IIC, i a l'LGAI, tot i que majoritàriament en la vessant de desenvolupament.

2.2.5. Enginyeria del terreny

L'ETCG és molt actiu en les àrees d'enginyeria geotècnica, enginyeria sísmica, enginyeria geològica, hidrologia subterrània i comportament mecànic de materials d'enginyeria. El departament dirigeix diversos laboratoris centrats en la mecànica del sòl i de les roques, sòls no saturats, topografia, geologia, hidrogeologia i sismologia. El departament inclou diversos grups de recerca reconeguts sobre els temes esmentats. El grup sobre Mecànica de sòls i de les roques (MSR) realitza recerca en l'àmbit de la geomecànica en general i comprèn un ampli espectre de matèries, que inclouen l'estabilitat de talussos, els fonaments, les excavacions i els túnels, l'avaluació dels riscos geològics i l'emmagatzematge de residus. La seva activitat en l'estudi de la mecànica dels sòls no saturats i en l'aplicació de mètodes numèrics avançats és àmpliament reconeguda. El grup de Geofísica i enginyeria sísmica (GIES) desenvolupa recerca, formació i transferència de tecnologia en els àmbits de la geofísica i de l'enginyeria sísmica. El Grup de Recerca Enginyeria Geomàtica (EGEO) desenvolupa investigació bàsica i aplicada en el camp de la geodèsia, la teledetecció, la fotogrametria i la topografia i, en general, en tot allò relacionat amb la informació geogràfica i la seva representació cartogràfica, amb especial atenció als nous sensors i tècniques per a la captura, l'emmagatzematge i el tractament de la informació geogràfica, com ara els sistemes de posicionament global (GPS), els sensors làser escàner o la captura d'imatges per satèl·lit.

El grup de recerca Mecànica i nanotecnologia de materials d'enginyeria (MECMAT), vinculat principalment a l'ETCG de la UPC, treballa en l'estudi de materials d'enginyeria a distintes escales d'observació (des de nano fins a macro), amb èmfasi en els aspectes del comportament mecànic i difusiu, la degradació i la durabilitat,

mitjançant tècniques numèriques i experimentals. Aquests estudis es desenvolupen per als materials de construcció, com ara el formigó, el morter i el ciment, i també per a les roques i els massissos rocosos, fent èmfasi en la fissuració i la fractura.

2.2.6. Enginyeria ambiental

Com ja es va esmentar en els reports anteriors, la preocupació pel medi ambient ha assolit actualment un caràcter molt transversal i condiona de manera general tot el procés constructiu, des de la creació i elaboració dels productes fins a la seva conversió en residus quan acaba la seva vida útil. La preocupació per l'impacte ambiental ha d'estar present en la planificació, la gestió, el projecte, l'execució i el seguiment de totes les actuacions de l'enginyeria. Per això, i malgrat que l'àmbit del medi ambient és objecte d'un altre report de la recerca, s'han inclòs dins aquest apartat els aspectes que mantenen una relació més directa amb l'enginyeria civil i l'enginyeria de la construcció, tals com la depuració i el tractament de les aigües, la gestió de residus, l'anàlisi del cicle de vida de les construccions i la reutilització de residus. A Catalunya es fa recerca en la majoria d'aquests temes. Hi ha diversos grups que treballen en el tractament de residus i en la gestió ambiental, entre els quals es pot esmentar, a la UPC, el grup sobre Modelització i tecnologia ambiental (MTA) del Departament de Projectes d'Enginyeria. En el marc de l'ETSECCPB, hi destaca el Grup d'Enginyeria i Microbiologia del Medi Ambient (GEMMA), la recerca del qual comprèn una gamma àmplia d'aspectes de l'enginyeria i dels processos relacionats amb l'abastament d'aigües, el tractament d'aigües residuals, la gestió dels residus sòlids, la generació de bioenergia i l'anàlisi del cicle de vida. També s'hi desenvolupa recerca sobre aspectes sanitaris de la reutilització de les aigües, en particular, l'eliminació de microcontaminants i patògens emergents. El grup forma part d'una unitat associada al CSIC.

2.2.7. Mètodes computacionals en enginyeria

L'àmbit dels mètodes computacionals en enginyeria inclou les àrees de coneixement de la mecànica dels medis continus, la teoria d'estructures i la matemàtica aplicada. Dins de la UPC, treballen en aquest camp el Departament de Resistència de Materials i Estructures a l'Enginyeria (RMEE) i el LaCàN del Departament de

Matemàtica Aplicada III (MAIII). Cal també fer esment del CIMNE, situat a l'entorn de l'ETSECCPB i que presenta una gran activitat en aquest àmbit.

L'activitat de recerca del MAIII és força àmplia i està organitzada en diverses línies, incloent-hi les relatives als mètodes numèrics i els models estadístics i d'altres com ara la teoria del control i les seves aplicacions i la simulació discreta de materials. El departament inclou diversos grups de recerca relacionats amb l'enginyeria civil i de la construcció. El grup de Control, dinàmica i aplicacions (CODALAB) s'orienta a la recerca teòrica i aplicada sobre la teoria del control dels sistemes dinàmics i les seves aplicacions a l'enginyeria. El grup sobre Riscos naturals i geoestadística (NRG) treballa en el desenvolupament de mètodes estadístics per al tractament de dades, amb èmfasi en els mètodes per al control de la incertesa estadística. El Centre Específic de Recerca de Mètodes Numèrics en Ciències Aplicades i Enginyeria, al qual es troba vinculat el LaCàN, desenvolupa recerca, de manera genèrica, sobre modelització matemàtica i numèrica i mecànica computacional. La seva recerca consisteix en el desenvolupament i l'anàlisi d'eines numèriques relacionades amb l'avaluació i el control de qualitat de les solucions numèriques; la millora de l'eficiència dels mètodes numèrics; el desenvolupament de mètodes alternatius per a problemes específics, i el prototipatge virtual i la modelació crítica.

Dins de l'RMEE, el Grup de Mecànica Computacional en Medis Continus (MC)² presenta una àrea de recerca àmplia, tant de caràcter bàsic com aplicat. L'objectiu de la recerca del grup rau en el desenvolupament i l'anàlisi de mètodes numèrics en problemes diversos de l'enginyeria, amb especial èmfasi en els problemes de la mecànica dels medis continus tant de fluids com de sòlids. El grup ha treballat en projectes d'elevat interès industrial i, de fet, alguns dels seus desenvolupaments han quedat copsats en codis numèrics d'utilització industrial.

El LITEM, vinculat al mateix departament, treballa en aplicacions de materials avançats i estructures innovadores, combinant els assaigs mecànics amb les simulacions computacionals.

El CIMNE constitueix una de les principals organitzacions, a escala internacional, dedicades al desenvolupament d'aplicacions computacionals aplicables a l'enginyeria civil i a la construcció, entre altres camps. El CIMNE disposa de departaments específics d'Enginyeria Civil i d'Edificació, Energia i Medi Ambient. La recerca realitzada dins del CIMNE comprèn una varietat àmplia de camps, incloent-hi

l'anàlisi d'estructures, els nous materials per a l'enginyeria, la dinàmica de fluids i l'estudi de la vulnerabilitat de les construccions per accions accidentals.

2.2.8. Transport i territori

La major part de la recerca en el marc del transport i del territori es desenvolupa dins del Departament d'Infraestructura del Transport i del Territori (ITT) de la UPC i del CENIT, també vinculat a la UPC. El grup de Recerca i innovació en transport, mobilitat i logística treballa en la generació de coneixement sobre el transport, la mobilitat i la logística, a través de la recerca, la innovació i la transferència tecnològica. També dins del mateix departament, el grup de recerca sobre Enginyeria de les xarxes d'infraestructures del territori (EXIT) reuneix les disciplines de l'urbanisme i de l'ordenació del territori juntament amb les de l'enginyeria de les xarxes i els serveis urbans i de les infraestructures del transport. El grup posa l'èmfasi en el plantejament urbanístic i els seus requeriments infraestructurals i en el paper de les infraestructures de transport com a element vertebrador. El departament també col·labora en el MATCAR, ja esmentat. El CENIT desenvolupa recerca en tots els camps del transport, incloent-hi el ferrocarril, el tren d'alta velocitat, el transport aeri i marítim, el transport intermodal, el trànsit i la seguretat viària, els sistemes de transport públic, la logística i els sistemes intel·ligents de transport.

Dins del mateix departament, hi ha diversos grups que treballen en activitats relacionades amb l'urbanisme. El Laboratori d'Estudis Socials de l'Enginyeria Civil (LESEC) té com a objectiu investigar els efectes i els impactes de les infraestructures a la societat i al territori. L'IntraScapeLab realitza la seva recerca sobre les interaccions entre infraestructures, ecologia urbana, territori i patrimoni cultural i natural.

3. RECURSOS HUMANS

3.1. *Personal acadèmic i investigador*

L'estudi dels recursos humans s'ha fet considerant el personal acadèmic i investigador que forma les plantilles dels departaments de la UPC més clarament relacionats amb l'àrea de l'enginyeria civil i de la construcció. Dels vuit departaments considerats, sis desenvolupen la seva activitat, molt principalment, a l'ETSECCPB. Aquest és el cas de l'EC, ETCG, EHMA, ITT, MAIII i RMEE. Alguns d'aquests departaments (com ara l'EC, MAIII i RMEE) disposen de seccions o delegacions a les escoles tècniques superiors d'enginyeria industrial de Barcelona o de Terrassa, que, tanmateix, per la temàtica de les activitats desenvolupades, poden considerar-se parcialment relacionades amb l'àrea. En particular, l'EC disposa d'una Secció de Construccions Industrials a l'entorn de les escoles tècniques superiors d'enginyeria industrial de Barcelona i de Terrassa, que, atesos els objectius de la seva recerca, i com ja s'ha esmentat, pot considerar-se ben encaixada dins de l'àrea de l'enginyeria de la construcció.

El CA1 desenvolupa la seva activitat en el camp de la tecnologia de l'arquitectura dins de l'Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Barcelona i l'Escola Tècnica Superior d'Arquitectura del Vallès. Al seu torn, el CA2 és present dins l'àmbit de l'enginyeria de l'edificació i dins de l'Escola Politècnica Superior d'Edificació de Barcelona. Atesa la relació directa de l'activitat d'aquests departaments amb el camp de la construcció, i tot mantenint el criteri emprat en els anteriors reports de la recerca, s'ha considerat pertinent incloure'ls dins del present estudi.

En la taula 6 es presenta una estadística del total de personal acadèmic disponible en el conjunt de departaments, així com a l'ETSECCPB, durant el curs 2008-2009 i la corresponent variació respecte del curs 2002-2003, és a dir, al llarg del període corresponent al present informe. En la taula s'indica també el percentatge de professors a temps complet (TC) respecte del total. Segons s'observa en l'estudi, el conjunt dels departaments seleccionats per a la present anàlisi, amb un total de 436 professors, concentra el 16 % del personal acadèmic de la UPC. Durant el període 2003-2009, l'àrea d'enginyeria civil i d'enginyeria de la construcció ha augmentat la seva disponibilitat de professorat en 61 places, la qual cosa representa un creixement del 14 %. Dins de l'àrea de l'enginyeria civil i de la construcció, s'hi observa, en termes

globals, una proporció de professors a TC relativament moderada (58 %) en relació amb la UPC (71 %). Aquesta proporció no ha variat al llarg del període analitzat. Cal notar que els professors amb una activitat investigadora significativa són normalment els qui disposen de dedicació completa, per la qual cosa el percentatge relativament moderat de professors a dedicació completa dins de l'àrea (per comparació amb els nombres globals de la UPC) es pot considerar com un inconvenient de cara a la intensitat de la producció científica. Cal notar, però, que la ràtio de professors a TC presenta una variació molt gran entre departaments. El departament amb un percentatge més elevat de professors a TC (un 81 %) és l'ETCG. En el conjunt de l'ETSECCPB, el mateix percentatge, durant el curs 2008-2009, és de gairebé un 70 %.

TAULA 6

Recursos humans de professorat a la UPC en l'àrea d'enginyeria civil i de la construcció, variació entre els cursos 2002-2003 i 2008-2009 i ràtios de professorat a temps complet

| <i>Departament</i> | <i>Total personal acadèmic (PAC) curs 2008-2009</i> | <i>Variació respecte del curs 2002-2003</i> | <i>Ràtio TC/total 2008-2009</i> | <i>Ràtio TC/total 2002-2003</i> |
|--|---|---|---------------------------------|---------------------------------|
| CA1 | 71 | 10 | 45 % | 44 % |
| CA2 | 51 | 3 | 51 % | 63 % |
| EC | 45 | 10 | 56 % | 60 % |
| ETCG | 48 | 8 | 81 % | 85 % |
| EHMA | 28 | -2 | 32 % | 57 % |
| ITT | 43 | 3 | 47 % | 35 % |
| MAIII | 87 | 17 | 75 % | 63 % |
| RMEE | 63 | 12 | 59 % | 61 % |
| Àrea de l'enginyeria civil i de la construcció | 436 | 61 | 58 % | 58 % |
| ETSECCPB | 189 | 13 | 69 % | 64 % |
| UPC | 2.713 | 213 | 71 % | 68 % |
| Àrea de l'enginyeria civil i de la construcció / UPC | 16 % | — | — | — |

Font: Dades estadístiques de la UPC.

En les taules 7 i 8 es presenta una descripció del personal docent i investigador en els departaments esmentats i l'ETSECCPB durant el curs 2008-2009. Les taules fan referència al personal funcionari (taula 7) i al personal contractat (taula 8). En el personal funcionari es distingeix entre les categories de catedràtics d'universitat (CU), professors titulars d'universitat (TU), catedràtics d'escola universitària (CEU) i professors titulars d'escola universitària (TEU). Entre el grup de professors contractats es distingeix entre agregats (AG) catedràtics contractats (CC), ajudants (AJ), associats (ASS), visitants (V), col·laboradors (CO) i lectors (LE). En l'àrea de l'enginyeria civil i de l'enginyeria de la construcció, hi ha un 42 % de personal funcionari, mentre que a la UPC el mateix percentatge és del 50 %. De mitjana, el professorat doctor representa un 32 % del total a l'àrea, sensiblement inferior a la mitjana de la UPC (41,6 %). Destaca, però, l'elevada categoria que presenta la plantilla de professors en alguns dels departaments de l'àrea, amb un gran nombre de professors doctors (CU, TU, CEU, AG, LE) en relació amb el total. És remarcable una presència important de catedràtics (263) en relació amb les seves dimensions totals: l'àrea concentra un 22 % dels catedràtics de la UPC, quan el nombre total de professors representa, com s'ha esmentat, un 16 %.

TAULA 7
*Recursos humans de professorat a la UPC en l'àrea d'enginyeria civil
i de la construcció: professorat funcionari (curs 2008-2009)*

| <i>Departament</i> | <i>CU</i> | <i>TU + CEU</i> | <i>TEU</i> | <i>Total professorat funcionari</i> |
|--|-----------|-----------------|------------|-------------------------------------|
| CA1 | 12 | 11 | 5 | 28 |
| CA2 | — | 2 | 16 | 18 |
| EC | 9 | 6 | 1 | 16 |
| ETCG | 10 | 11 | 8 | 29 |
| EHMA | 6 | 5 | 1 | 12 |
| ITT | 5 | 5 | 3 | 13 |
| MAIII | 4 | 27 | 12 | 43 |
| RMEE | 11 | 8 | 4 | 23 |
| Àrea de l'enginyeria civil i de la construcció | 57 | 75 | 50 | 182 |
| ETSECCPB | | | | 93 |
| UPC | 263 | 779 | 308 | 1.350 |
| Àrea de l'enginyeria civil i de la construcció / UPC | 22 % | 10 % | 16 % | 13 % |

Font: Dades estadístiques de la UPC.

TAULA 8
*Recursos humans de professorat a la UPC en l'àrea d'enginyeria civil
i de la construcció: professorat contractat (curs 2008-2009)*

| Departament | AG | AJ | CC | ASS | V | CO | LE | Total professorat contractat |
|---|------|------|------|------|-----|------|------|------------------------------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | |
| CA1 | — | 2 | 1 | 36 | — | 3 | 2 | 43 |
| CA2 | — | 3 | — | 24 | — | 5 | 1 | 33 |
| EC | — | 2 | — | 22 | — | 4 | 1 | 29 |
| ETCG | 2 | — | — | 9 | — | 5 | 3 | 19 |
| EHMA | 2 | — | 2 | 8 | — | 4 | — | 16 |
| ITT | — | 6 | — | 20 | — | 4 | — | 30 |
| MAIII | 4 | 2 | 2 | 22 | 1 | 11 | 2 | 44 |
| RMEE | 1 | 6 | — | 24 | — | 8 | 1 | 40 |
| Àrea de l'enginyeria civil i de la construcció | 9 | 21 | 4 | 165 | 1 | 44 | 10 | 254 |
| ETSECCPB | | | | | | | | 96 |
| UPC | 87 | 122 | 10 | 740 | 15 | 308 | 81 | 1.363 |
| Àrea de l'enginyeria civil i de la construcció / UPC | 10 % | 17 % | 40 % | 22 % | 7 % | 14 % | 12 % | 19 % |

Font: Dades estadístiques de la UPC.

Les figures dels professors contractats, en les seves diverses categories (excepte la de professor associat), eren relativament noves durant el curs 2008-2009, motiu pel qual les corresponents dotacions eren encara molt limitades. L'excepció és la figura del professor associat a temps parcial, molt més antiga, que representa una part molt important del professorat de l'àrea i de la UPC en general. El nombre de professors associats en l'àrea es pot considerar, en general, elevat, ja que representa un 38 % del total (un 27 % a la UPC).

Els recursos humans disponibles per a la recerca també poden ser analitzats prenent com a referència els grups de recerca finançats per l'Agència de Gestió d'Ajuts Universitaris i de Recerca (AGAUR). La Generalitat de Catalunya, a través de

l'AGAUR, dóna suport a grups de recerca de les universitats i els centres públics i privats de Catalunya sense finalitat de lucre que tinguin com a activitats principals la recerca i la transferència de coneixement, amb l'objectiu de potenciar-ne el desenvolupament i la consolidació. Les convocatòries tingudes durant el període en estudi s'han produït els anys 2005 i 2009. Aquestes convocatòries han considerat diverses modalitats, corresponents als grups de recerca emergents (GRE), els grups de recerca consolidats (GRC) i, excepcionalment, els grups de recerca singulars (GRS), formats per grups que, malgrat no complir els requisits mínims per als GRC, presenten una trajectòria de treball en equip coherent. Tots els grups de recerca finançats a través d'aquestes convocatòries tenen la consideració de grups de recerca de la Generalitat de Catalunya. En les taules 9 i 10 es presenten els diferents grups de recerca relacionats amb l'àrea que han rebut finançament en les convocatòries de l'AGAUR del 2005 i el 2009. La convocatòria del 2009 va beneficiar un nombre més reduït de grups (14, enfront de 17 en la convocatòria del 2005). Tanmateix, els grups beneficiats en la convocatòria del 2009 presenten una constitució més sòlida quant al nombre d'investigadors. Tots els grups identificats pertanyen a la UPC o a centres de recerca vinculats a la UPC, amb les úniques excepcions del Grup de Georeferenciació i Calibratge de Sensors d'Observació de la Terra, pertanyent a l'ICC, finançat l'any 2005, i l'AMADE, reconegut l'any 2009. El nombre total d'investigadors doctors i no doctors que formaven part dels grups finançats l'any 2005 era de 222, mentre que en la convocatòria del 2009 va ser de 331. A partir d'aquestes dades, és possible estimar que el 70 % dels professors de la UPC vinculats a l'àrea d'enginyeria civil i de la construcció pertanyien a algun dels grups de recerca reconeguts i finançats per la Generalitat de Catalunya l'any 2009.

TAULA 9
Grups finançats per l'AGAUR (convocatòria del 2005), amb indicació dels recursos humans disponibles en el moment del finançament

| <i>Grups</i> | <i>Entitat</i> | <i>Modalitat</i> | <i>Membres totals</i> | <i>Doctors</i> | <i>No doctors</i> | <i>Becaris</i> | <i>Post-doctorals</i> |
|---|----------------|------------------|-----------------------|----------------|-------------------|----------------|-----------------------|
| Qualitat de vida urbana i sostenibilitat | UPC | GRC | 17 | 9 | 8 | 4 | — |
| GAIA | IG | GRE | 7 | 2 | 5 | — | — |
| Grup de Georeferenciació i Calibratge de Sensors d'Observació de la Terra | ICC | GRE | 9 | 5 | 4 | 1 | 1 |
| MATCAR | UPC | GRC | 14 | 10 | 4 | 1 | — |
| LITEM | UPC | GRE | 10 | 4 | 6 | — | 6 |
| TE | UPC | GRC | 20 | 19 | 1 | — | 3 |
| GIES | UPC | GRC | 18 | 3 | 15 | — | 4 |
| GRIC | UPC | GRE | 13 | 7 | 6 | — | — |
| GHS | UPC | GRC | 6 | 5 | 1 | — | 3 |
| Geotècnia i mecànica de materials | UPC | GRC | 15 | 7 | 8 | — | — |
| FLUMEN | UPC | GRC | 12 | 10 | 2 | 4 | 2 |
| GRAHI | UPC | GRC | 8 | 5 | 3 | — | 1 |
| GITS | UPC | GRE | 16 | 7 | 9 | 3 | — |
| LIM | UPC | GRC | — | — | — | — | 1 |
| CENIT | CENIT | GRS | 12 | 9 | 3 | — | — |
| Mètodes numèrics en enginyeria | CIMNE | GRC | 15 | 8 | 7 | — | 1 |
| RMEE (Secció Camins) | UPC | GRC | 18 | 8 | 10 | 4 | — |
| GEMMA | UPC | GRE | 12 | 6 | 6 | — | 1 |

Font: AGAUR.

GRC = grup de recerca consolidat; GRE = grup de recerca emergent; GRS = grup de recerca singular.

TAULA 10
Grups finançats per l'AGAUR (convocatòria del 2009), amb indicació dels recursos humans disponibles en el moment del finançament

| <i>Grups</i> | <i>Entitat</i> | <i>Modalitat</i> | <i>Membres totals</i> | <i>Doctors</i> | <i>No doctors</i> | <i>Becaris</i> | <i>Postdoctorals</i> |
|--|----------------|------------------|-----------------------|----------------|-------------------|----------------|----------------------|
| Qualitat de vida urbana i sostenibilitat | UPC | GRC | 36 | 10 | 26 | 19 | — |
| MATCAR | UPC | GRC | 7 | 7 | — | — | — |
| GIES | UPC | GRC | 12 | 9 | 3 | 6 | — |
| GRIC | UPC | GRC | 6 | 3 | 3 | 2 | — |
| TE | UPC | GRC | 26 | 14 | 12 | 67 | 20 |
| GHS | UPC | GRC | 38 | 15 | 23 | 48 | 5 |
| Geotècnia i mecànica de materials | UPC | GRC | 12 | 12 | — | 33 | 1 |
| FLUMEN | UPC | GRC | 24 | 11 | 13 | 7 | 1 |
| LIM | UPC | GRC | 30 | 16 | 14 | 8 | 7 |
| CRAHI | UPC | GRC | 11 | 5 | 6 | 6 | 4 |
| Mètodes numèrics en enginyeria | CIMNE | GRC | 47 | 20 | 27 | 24 | 7 |
| RMEE | UPC | GRC | 37 | 13 | 24 | 161 | 2 |
| AMADE | UdG | GRC | 33 | 12 | 21 | 41 | 1 |
| Grup de Nanoenginyeria de Materials Nanoestructurats amb Aplicacions Energètiques i Mediambientals (n-ENG) | UPC | GRE | 12 | 5 | 7 | 8 | 1 |
| GICITED | UPC | GRE | 12 | 7 | 5 | — | — |
| GEMMA | UPC | GRC | 13 | 5 | 8 | 6 | 1 |

Font: AGAUR.

GRC = grup de recerca consolidat; GRE = grup de recerca emergent.

3.2. Personal administratiu i de serveis

Com a part dels recursos humans que col·laboren directament o indirectament amb la recerca, hi cal comptar el personal administratiu i de serveis (PAS), en què s'inclouen, en particular, el personal administratiu i els tècnics de laboratori. La distribució d'aquest tipus de personal en els departaments considerats i la corresponent variació entre els cursos 2002-2003 i 2008-2009 es presenten en la taula 11. Els departaments que formen l'àrea disposaven durant el curs 2008-2009 de 59 persones que cal considerar, en gran mesura, dedicades a feines relacionades amb el suport a la recerca (laboratoris i gestió administrativa de projectes), atès que les tasques relacionades amb la gestió de la docència corresponen al PAS dels centres i les relacionades amb la gestió general corresponen als serveis centrals de la UPC. En l'àrea d'enginyeria civil i de la construcció, el PAS representava el 12 % del total de personal. La mateixa relació, per a tota la UPC i comptant el personal administratiu dels centres i dels serveis centrals, va ser del 37 %.

TAULA 11
*Personal administratiu i de serveis a la UPC en l'àrea d'enginyeria civil
 i de la construcció (curs 2008-2009)*

| <i>Departament o centre</i> | <i>PAS funcionari</i> | <i>PAS laboral</i> | <i>Total PAS 2008-2009</i> | <i>Variació respecte el curs 2002-2003</i> |
|---|---------------------------|------------------------|--------------------------------|--|
| CA1 | 2 | 1 | 3 | -2 |
| CA2 | 4 | | 4 | 0 |
| EC | 4 | 11 | 15 | 3 |
| ETCG | 5 | 8 | 13 | 3 |
| EHMA | 2 | 6 | 8 | 1 |
| ITT | 2 | 2 | 4 | 1 |
| MAIII | 4 | 1 | 5 | 0 |
| RMEE | 4 | 3 | 7 | 5 |
| Àrea de l'enginyeria civil i de la construcció | 27 | 32 | 59 | 11 |
| ETSECCPB | 24 | 19 | 43 | 9 |
| UPC | 783 | 801 | 1.584 | 355 |
| Àrea de l'enginyeria civil i de la construcció / UPC | 3,45 % | 4,00 % | 3,72 % | — |

Font: Dades estadístiques de la UPC.

3.3. Beques i ajuts predoctorals per a investigadors en formació

La capacitat investigadora dels departaments depèn en gran mesura de la disponibilitat d'investigadors i docents en formació i en procés de realització de tesis doctorals. Alhora, la possibilitat de mantenir un nombre d'investigadors en formació depèn directament de la capacitat de finançar els ajuts i les beques necessaris. Per a aquesta finalitat, hi ha diverses possibilitats. En primer lloc, és possible finançar investigadors en formació amb beques aconseguides a través de convocatòries públiques de caràcter competitiu. En segon lloc, existeix la possibilitat de contractar investigadors en formació per mitjà de convenis suficientment dotats, amb empreses o entitats privades, o bé per mitjà de projectes europeus, la qual cosa exigeix actualment la realització d'un concurs de mèrits.

Com a tercera possibilitat, l'investigador en formació pot optar (a través d'un concurs) a una posició de professor no doctor amb una càrrega acadèmica adequadament reduïda i compatible amb l'activitat investigadora. El tipus de posició més específicament orientada cap aquesta finalitat és la de professor ajudant, ja que s'hi demana específicament que el candidat no sigui doctor en el moment del concurs, alhora que se li exigeix una dedicació docent molt reduïda (unes 2 hores per setmana) i compatible amb la realització de la tesi doctoral. Segons s'indica en la taula 8, durant el curs 2008-2009, l'àrea d'enginyeria civil i de la construcció disposava de 21 professors ajudants, els quals representaven aproximadament un 17 % del total de la UPC.

Durant el període analitzat, i en relació amb la consecució de beques a través de convocatòries competitives, les principals possibilitats han estat les que han ofert la Generalitat de Catalunya, a través de l'AGAUR, i el Govern d'Espanya, mitjançant el MEC i el Ministeri de Ciència i Tecnologia (MCT). Alhora, les diferents universitats catalanes, i, en particular, la UPC, han ofert un nombre complementari de beques equiparables quant a dotació econòmica. Aquesta oferta complementària de beques per part de les universitats requereix un esforç econòmic significatiu, que cal, tanmateix, considerar ben rendible científicament.

En les taules 12 i 13 es presenta, respectivament, el nombre de beques aconseguides per any i la distribució dels tipus de beques entre els diferents departaments considerats. Durant el període en estudi, els departaments de l'àrea han aconseguit 381 beques predoctorals, la qual cosa representa un 15 % de les beques

obtingudes per la UPC. El nombre de beques de les quals ha disposat l'àrea, de mitjana i per any, ha estat de 54. Cal notar que, durant els darrers anys, el nombre de beques obtingudes ha experimentat una certa reducció. Així, l'any amb més beques aconseguides és el 2005 (73), mentre que l'any menys reeixit és el 2007 (42). Quant als tipus de beques (vegeu la taula 13 i la figura 1), s'observa que el 43 % del total del període 2003-2008 correspon a beques finançades pel Govern d'Espanya, el 37 % són beques de la Generalitat de Catalunya i el 20 % restant han estat beques de la UPC.

TAULA 12
Beques de doctorat concedides per any

| <i>Departament o centre</i> | <i>2003</i> | <i>2004</i> | <i>2005</i> | <i>2006</i> | <i>2007</i> | <i>2008</i> | <i>2009</i> | <i>Total</i> |
|-----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| CA1 | 4 | 10 | 11 | 6 | 6 | 10 | 12 | 57 |
| CA2 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| EC | 14 | 13 | 10 | 5 | 5 | 6 | 9 | 58 |
| ETCG | 14 | 15 | 24 | 16 | 17 | 19 | 15 | 106 |
| EHMA | 13 | 14 | 11 | 6 | 2 | 5 | 5 | 53 |
| ITT | 3 | 3 | — | 1 | — | 1 | 1 | 9 |
| MAIII | 3 | 3 | 4 | 4 | 3 | 2 | 4 | 18 |
| RMEE | 3 | 7 | 13 | 6 | 9 | 6 | 3 | 38 |
| ETSECCPB | 1 | 1 | — | — | — | — | 3 | 5 |
| Àrea ECEC | 55 | 66 | 73 | 44 | 42 | 49 | 52 | 381 |
| Total UPC | 257 | 348 | 408 | 404 | 411 | 373 | 399 | 2.600 |
| Ràtio | 21 % | 19 % | 18 % | 11 % | 10 % | 13 % | 13 % | 15 % |

Font: Dades estadístiques de la UPC.

TAULA 13
Distribució de les beques de doctorat concedides, segons la institució finançadora (2003-2009)

| <i>Departament o centre</i> | <i>Generalitat</i> | <i>MEC i MCT</i> | <i>UPC</i> | <i>Total</i> |
|-----------------------------|--------------------|------------------|------------|--------------|
| CA1 | 24 | 13 | 22 | 59 |
| CA2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| EC | 16 | 27 | 19 | 62 |
| ETCG | 50 | 57 | 13 | 120 |
| EHMA | 11 | 33 | 12 | 56 |
| ITT | 2 | 5 | 2 | 9 |
| MAIII | 15 | 7 | 1 | 23 |
| RMEE | 24 | 23 | 0 | 47 |
| ETSECCPB | 0 | 0 | 5 | 5 |
| Àrea ECEC | 142 | 165 | 74 | 381 |
| Ràtio respecte del total | 37 % | 43 % | 20 % | |

Font: Dades estadístiques de la UPC.

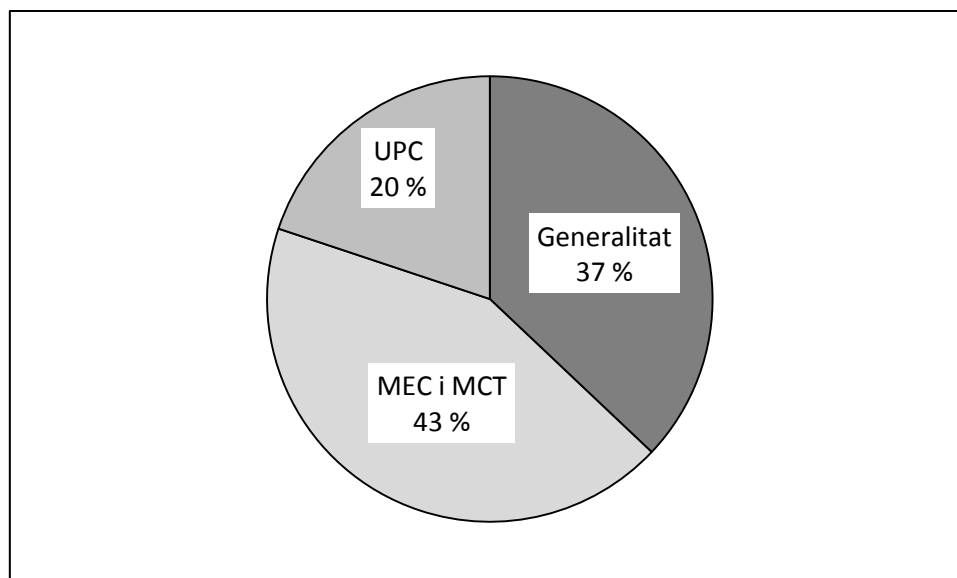


FIGURA 1. Distribució de les beques de doctorat concedides, segons la institució finançadora (2003-2009).

Font: Dades estadístiques de la UPC.

La relació entre beques aconseguides i professorat doctor, sempre dins l'àrea de l'enginyeria civil i de la construcció i en el període de set anys considerat, ha estat de 2,7. La mateixa relació per a la UPC ha estat de 2,3.

4. RECURSOS ECONÒMICS

4.1. Possibilitats de finançament de l'Estat espanyol

Les principals oportunitats per al finançament públic de la recerca, en l'àmbit de l'Estat espanyol, vénen dels successius plans nacionals de recerca científica, desenvolupament i innovació tecnològica finançats per la Comissió Interministerial de Ciència i Tecnologia (CICYT) del Govern d'Espanya. Els plans nacionals són el principal instrument del Govern d'Espanya per a la gestió de la recerca i és on s'estableixen els objectius i les prioritats de la recerca, el desenvolupament i la innovació (R+D+I). Les prioritats es desenvolupen a través d'un conjunt de programes nacionals de caràcter temàtic. Els plans nacionals distribueixen el finançament entre diferents programes nacionals classificats segons les àrees sectorials. Les àrees sectorials es defineixen com a dominis d'actuació prioritària en R+D+I, en els quals es considera necessària una focalització de les actuacions intenses en R+D+I per estimular-ne el desenvolupament futur.

En l'àmbit de l'enginyeria civil i l'enginyeria de la construcció, la possibilitat real d'aconseguir finançament es troba condicionada per les àrees o línies de recerca prioritzades o finançades pels successius plans. Els plans anteriors al període en estudi, i particularment el IV Pla Nacional de Recerca Científica, Desenvolupament i Innovació Tecnològica (2000-2003), es van caracteritzar per una atenció molt limitada a la recerca en l'àmbit de l'enginyeria i la construcció. L'única àrea sectorial creada pel pla directament relacionada amb l'àmbit va ser la de Construcció Civil i Conservació del Patrimoni Cultural, que, tanmateix, només va disposar de dotació, i molt limitada, durant l'any 2002. La major part del finançament obtingut dins l'àmbit va arribar a través de projectes sol·licitats dins d'àrees més àmplies i de caràcter més transversal, entre les quals es poden esmentar les àrees de Materials, Energia, Medi Ambient i

Transport i Ordenació del Territori, dins dels programes nacionals finançats durant el període 2000-2003.

Durant el període 2003-2009, el Govern d'Espanya va aprovar el Pla Nacional de Recerca Científica, Desenvolupament i Innovació Tecnològica 2004-2007 (V Pla Nacional) i el Pla Nacional de Recerca Científica, Desenvolupament i Innovació Tecnològica 2008-2011 (VI Pla Nacional). Dins del V Pla Nacional, les prioritats van quedar definides a través d'unes àrees temàtiques que englobaven un cert nombre de programes nacionals. La principal novetat, pel que fa a les oportunitats presentades per aquests plans per a la recerca en el camp de l'enginyeria civil i de la construcció, va raure en la creació d'un Programa Nacional de Construcció, dins l'àrea anomenada Transport i Construcció, el qual va gaudir d'un finançament significatiu (vegeu la taula 14). Les prioritats específiques del Programa Nacional de Construcció van ser els materials i els productes per a la construcció; les tecnologies, els sistemes i els processos constructius; els sistemes per a l'avaluació i la gestió en la construcció, i el manteniment, l'avaluació i la rehabilitació d'infraestructures i edificacions. A banda d'aquest programa, també han estat d'interès per a l'àmbit altres programes de caràcter més general, entre els quals cal esmentar el Programa Nacional de Mitjans de Transport, dins l'àrea temàtica de Transport i Construcció; el Programa Nacional d'Energia, dins l'àrea d'Energia; el Programa Nacional de Ciències i Tecnologies Mediambientals, amb un Subprograma de Tecnologies per a la Gestió Sostenible Mediambiental, dins l'àrea temàtica de Ciències i Tecnologies Agroalimentàries i Mediambientals, i el Programa Nacional de Materials, dins l'àrea de Química, Materials i Disseny i Producció Industrial. En el VI Pla Nacional, les prioritats per a la recerca queden definides a través d'unes línies de recerca agrupades segons accions estratègiques. Les accions estratègiques d'interès per a l'àrea corresponen, en essència, a les àrees temàtiques del V Pla Nacional i donen lloc al mateix grup de programes nacionals. En particular, el VI Pla Nacional també ha mantingut, amb finançament significatiu, un Programa Nacional de Construcció.

TAULA 14

Subvenció total rebuda pels programes relacionats amb l'àrea d'enginyeria civil i de la construcció dins dels plans nacionals de R+D+I 2004-2007 i 2008-2011 (fins al 2009) i participació respecte del pressupost total

| <i>Programes nacionals</i> | <i>Subvenció total (€) 2004-2009</i> | <i>Percentatge respecte del total</i> |
|---|--|---------------------------------------|
| Ciències i Tecnologies Mediambientals | 245.045.716 | 6,14 % |
| Construcció | 49.950.086 | 1,25 % |
| Energia | 143.165.115 | 3,59 % |
| Mitjans de Transport | 248.564.405 | 6,23 % |
| Materials | 248.564.405 | 6,23 % |
| Total programes nacionals 2004-2007 i 2008-2011 (fins al 2009) | 3.989.356.962 | |

Font: Pla Nacional de R+D+I 2004-2007 i 2008-2011.

Les quantitats subvencionades pels diferents programes nacionals esmentats durant el període 2004-2009 s'indiquen en la taula 15. La quantitat total finançada dins dels programes esmentats, en l'àmbit estatal, ha assolit els 839.330.908 euros (€), els quals representen un 23,44 % del total finançat pel V i VI Pla Nacional. Cal notar que, com s'ha esmentat, aquests programes tenen un caràcter molt transversal i excedeixen amb escreix l'àmbit de l'enginyeria civil i de la construcció. El Programa Nacional de Construcció ha rebut un finançament comparativament reduït, de 49.950.086 €, el qual solament representa l'1,25 % del total i resulta molt inferior a les quantitats dedicades a la major part dels programes, tal com es posa de manifest en la taula 15. Catalunya, amb un import total de 142.462.096 €, ha obtingut el 17 % dels fons dedicats a programes relacionats amb l'àrea. Del Programa Nacional de Construcció, Catalunya n'ha rebut 7.343.685 €, quantitat equivalent a un 15 % del total. La participació de Catalunya en el Programa Nacional de Construcció al llarg del període en estudi pot considerar-se modesta en relació amb el seu potencial investigador i amb la importància dels seus centres universitaris i de recerca. Tanmateix, l'evolució de la participació catalana ha estat força favorable, atès que ha passat d'un 15 %, l'any 2004, a un 21 %, l'any 2009.

TAULA 15
*Subvencions anuals rebudes pels programes relacionats amb l'àrea d'enginyeria civil
i de la construcció dins dels plans nacionals de R+D+I 2004-2007 i 2008-2011 (fins al 2009)*

| | | <i>Pla Nacional de R+D+I (2004-2007)</i> | | | | <i>Pla Nacional de R+D+I (2008-2011)</i> | | <i>Total 2004-2009</i> | <i>% Cat.</i> |
|--|--------|--|-------------|-------------|-------------|--|-------------|------------------------|---------------|
| | | <i>2004</i> | <i>2005</i> | <i>2006</i> | <i>2007</i> | <i>2008</i> | <i>2009</i> | | |
| <i>Programes nacionals</i> | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| Ciències i Tecnologies Mediambientals | Cat. | 4.857.500 | 4.835.200 | 4.937.700 | 34.486.400 | 3.846.590 | 4.670.088 | 57.633.478 | 24 % |
| | Total | 18.297.200 | 23.913.500 | 38.130.500 | 138.989.980 | 12.654.964 | 13.059.572 | 245.045.716 | |
| Construcció | Cat. | 423.000 | 1.855.000 | 1.851.200 | 966.910 | 1.383.393 | 864.182 | 7.343.685 | 15 % |
| | Total | 6.351.500 | 7.841.600 | 16.039.300 | 11.390.870 | 3.901.824 | 4.424.992 | 49.950.086 | 6.1 |
| Energia | Cat. | 1.563.000 | 1.761.400 | 1.356.600 | 3.602.170 | 1.004.058 | 1.385.450 | 10.672.678 | 7 % |
| | Total | 11.514.300 | 21.170.400 | 64.350.800 | 29.068.450 | 6.828.625 | 10.232.540 | 143.165.115 | 6.2 |
| Mitjans de Transport | Cat. | 2.156.000 | 1.556.800 | 1.991.400 | 18.570.250 | 362.367 | 330.088 | 24.966.905 | 16 % |
| | Total | 22.037.400 | 13.287.800 | 39.527.700 | 74.020.320 | 1.405.294 | 2.327.072 | 152.605.586 | 6.3 |
| Materials | Cat. | 4.017.600 | 4.185.500 | 17.093.500 | 9.899.090 | 2.878.590 | 3.771.070 | 41.845.350 | 17 % |
| | Total | 30.762.700 | 22.993.100 | 59.189.500 | 98.976.600 | 14.566.690 | 22.075.815 | 248.564.405 | 6.4 |
| Total | Cat. | 13.017.100 | 14.193.900 | 27.230.400 | 6.524.820 | 9.474.998 | 11.020.878 | 142.462.096 | 6.5 17 % |
| | Total | 88.963.100 | 89.206.400 | 217.237.800 | 352.446.220 | 39.357.397 | 52.119.991 | 839.330.908 | 6.6 |
| | % Cat. | 15 % | 16 % | 13 % | 19 % | 24 % | 21 % | 17 % | |

Font: Pla Nacional de R+D+I 2004-2007 i 2008-2011

El VI Pla Nacional, iniciat l'any 2008, ha comportat una reducció sensible dels recursos dedicats a la recerca per part del Govern d'Espanya. La quantitat mitjana per any finançada per al conjunt de programes nacionals relacionats amb l'enginyeria civil i de la construcció ha estat de 45.738.694 €, mentre que en el V Pla Nacional la mateixa quantitat va ser de 186.963.380 €. En el Programa Nacional de Construcció, però, el finançament ha millorat sensiblement: la quantitat subvencionada dins del VI Pla Nacional ha estat de 130.106 € per projecte i any, mentre que durant el V Pla Nacional la mateixa quantitat havia estat de 69.809 €.

Dins del període reportat, ha estat possible també obtenir suport per a la recerca a través del programa CENIT de cooperació en R+D+I del Ministeri d'Indústria, enfocat al finançament (amb subvencions de fins al 50 % del cost total) de projectes consorciats de gran dimensió orientats a la recerca tècnica en àrees tecnològiques de futur. El programa es va crear l'any 2006 i va finalitzar el 2010. Les corresponents convocatòries han inclòs entre les línies de finançament prioritàries el medi ambient, el desenvolupament sostenible i les energies renovables, els nous materials, la nanotecnologia i la mobilitat sostenible. Durant els anys de vigència del programa, es van finançar 91 projectes, per valor de 1.071 milions d'euros (M€), i es va comptar amb la participació de més de 1.250 empreses i 1.580 grups de recerca.

4.2. Possibilitats de finançament d'Europa

Els principals instruments de la UE per al finançament de la recerca han estat en els successius programes marc (PM) de recerca i desenvolupament tecnològic, l'objectiu dels quals rau a estrènyer les bases científiques i tecnològiques de la indústria europea i encoratjar-ne la competitivitat internacional. Els PM financen projectes proposats per consorcis participats per institucions de recerca o empreses pertanyents a diferents països membres de la UE o països associats. El VI i el VII PM han concentrat l'esforç inversor en un nombre limitat de programes corresponents a diverses prioritats temàtiques. Es tracta de programes molt amplis i transversals en els quals la recerca dins de l'àrea d'enginyeria civil i de la construcció ha pogut trobar cabuda per mitjà d'iniciatives lligades a avenços tecnològics sostenibles relacionats amb els processos productius, els materials, l'energia i el transport. Dels programes prioritàris del VI PM

(2002-2006), han estat d'interès per a l'àmbit de l'enginyeria civil i de la construcció el programa relatiu a «Nanotecnologies i nanociències, materials multifuncionals basats en el coneixement i nous processos i dispositius de producció» (finançat amb 1.300 M€) i el programa sobre «Desenvolupament sostenible, canvi global i ecosistemes», amb subprogrames relatius a sistemes d'energia sostenibles i transport de superfície sostenible (finançat amb 2.120 M€). D'entre els programes del VII PM (2007-2013), han mantingut relació amb l'àmbit de l'enginyeria civil i de la construcció els programes prioritaris de «Nanociències, nanotecnologies, materials i noves tecnologies de producció» (amb un pressupost de 3.500 M€); «Energia» (2.300 M€); «Medi ambient» (1.800M€), amb àrees específiques sobre gestió sostenible dels recursos i tecnologies mediambientals, i el programa de «Transport» (4.100M€), amb àrees específiques sobre transport de superfície ferroviari i per carretera.

Els recursos que les entitats catalanes van aconseguir del VI PM dins dels subprogrames i àrees d'activitats considerats més propers a l'enginyeria civil i de la construcció s'esmenten en la taula 16. En l'àrea de les nanotecnologies, els materials i la producció, la participació catalana va generar 24,6 M€, quantitat que correspon a l'11,7 % dels fons europeus atribuïts a Catalunya. En aquesta àrea, a Catalunya va destacar la participació de la UPC i l'ASCAMM, els quals són, alhora, organismes amb una gran participació en els plans de recerca estatals. En l'àrea de l'energia sostenible, Catalunya va participar-hi amb 9,1 M€, els quals suposen el 4,3 % de les subvencions atorgades pel VI PM a Catalunya. En l'àrea del transport sostenible per superfície, Catalunya va obtenir una subvenció de 2,5 M€, equivalent a l'1,2 % del total rebut. En general, Catalunya va presentar una capacitat de captació de recursos del VI PM un xic modesta en relació amb el seu potencial investigador, i es va situar per darrere de les comunitats de Madrid i del País Basc en les tres àrees considerades, amb percentatges de participació respecte del total aconseguit a escala espanyola d'entre l'11,3 % (per a l'àrea de transport sostenible) i el 22,1 % (per l'àrea de nanotecnologies, materials i producció).

TAULA 16
*Participació de Catalunya en programes del VI PM relacionats
 amb l'àrea d'enginyeria civil i de la construcció*

| <i>Àrea d'activitats</i> | <i>Subvenció de Catalunya (M€)</i> | <i>Pes de la subvenció de Catalunya (%)</i> | <i>Subvenció de Catalunya sobre subvenció de Espanya (%)</i> | <i>Posició de Catalunya entre les CCAA de l'Estat espanyol</i> |
|--|------------------------------------|---|--|--|
| Nanotecnologies, materials i producció | 24,6 | 11,7 | 22,1 | 3 |
| Energia sostenible | 9,1 | 4,3 | 15,5 | 3 |
| Transport de superfície sostenible | 2,5 | 1,2 | 11,3 | 3 |

Font: *Participació catalana a l'R+D europea* (2008).

4.3. Possibilitats de finançament de Catalunya

Durant el període analitzat, a Catalunya, s'hi han desenvolupat el III Pla de Recerca 2001-2004 i el IV Pla de Recerca i Innovació 2005-2008. Atesa la decisió de la Comissió Europea de tendir cap a un espai de recerca comú per a tot Europa, els plans de recerca de Catalunya han estat dissenyats de manera que mantinguin una estreta interacció i coordinació amb la política científica estatal i europea. Ambdós plans han tingut característiques molt similars i, abans que finançar directament projectes de recerca, s'han orientat principalment a ajudar els investigadors i els grups de recerca, amb la finalitat de potenciar-ne la capacitat investigadora i d'incrementar-ne les possibilitats d'accedir a projectes estatals i europeus i desenvolupar-los.

El III Pla de Recerca va incloure diverses àrees prioritàries (anomenades concertades), entre les quals les que van mantenir més relació amb l'àrea d'enginyeria civil i de la construcció van ser les d'innovació tecnològica, medi ambient i recursos naturals, territori, ciutat i mobilitat. Les principals actuacions del III i IV Pla s'han dut a terme a través del Programa de Recursos Humans i el Programa de Centres de Recerca. Dins del primer, s'ha cercat la incorporació al sistema de recerca d'investigadors joves i d'investigadors formats fora de Catalunya amb una reputació internacional establerta. Amb aquest objectiu, es va crear, en col·laboració amb la Fundació Catalana per a la Recerca i la Innovació, la Institució Catalana per a la Recerca i Estudis Avançats

(ICREA), que és l'entitat responsable de la concessió de contractes per als investigadors que satisfan els requeriments esmentats. Cal esmentar, però, que, durant el període 2003-2009, dins l'àrea d'enginyeria civil i de la construcció, solament han estat contractats dos investigadors ICREA, aollits a la UPC (a l'ETCG) i al CIMNE, xifra que representa una part molt reduïda del total d'investigadors ICREA i que és realment molt inferior al potencial investigador de l'àrea. Cal notar que el nombre d'investigadors ICREA contractats entre els anys 2001 i 2011 dins dels àmbits de la tecnologia i l'enginyeria i de les ciències experimentals i les matemàtiques ha estat de més de 120.

Un altre aspecte del Programa de Recursos Humans ha estat l'estímul al creixement dels grups de recerca consolidats existents i el suport a la creació de nous grups en àrees emergents. Aquest programa permet la cohesió de grups de qualitat a través del suport als grups consolidats i la potenciació de grups emergents. El finançament, a més d'una aportació basal no finalista, ha inclòs conceptes com ara la compra d'equipament petit i la contractació de persones de suport a la recerca. L'àrea d'enginyeria civil i de la construcció reuneix un nombre elevat de grups consolidats. El nombre de grups amb finançament concedit en les convocatòries del 2005 i el 2009 va ser de 18 i 16, respectivament (vegeu les taules 9 i 10).

Un tercer aspecte dels plans de recerca ha estat la creació de centres de referència, denominació que s'atorga a aquells centres o agrupacions de centres, departaments i grups de R+D que treballen, de manera complementària, en temes estratègics d'interès específic per al desenvolupament de la recerca catalana.

4.4. Finançament obtingut

El finançament obtingut per a activitats relacionades amb la R+D durant el període 2003-2009 s'indica, per als diferents departaments de l'àrea d'enginyeria civil i d'enginyeria de la construcció, en les taules 17 i 18. En les taules es mostra també el finançament de centres de recerca vinculats a la UPC, incloent-hi, en particular, els centres del sistema CERCA més directament relacionats amb l'àrea. Amb la finalitat de limitar el còmput a les activitats de recerca i de transferència del coneixement, el càlcul del finançament no ha tingut en compte l'aportació dels serveis d'import reduït ni dels

convenis institucionals. En les taules 17 i 18, el CIIRC i el LIM es detallen conjuntament, atès que tots dos organismes es gestionen de manera combinada. D'altra banda, i en relació amb el CENIT, en la taula 18 se n'indica solament l'import total, perquè no s'ha disposat d'informació sobre les quantitats relatives als diferents tipus de finançament.

TAULA 17
Ingressos (en milers de euros) per a activitats de R+D en l'àrea d'enginyeria civil i de la construcció (2003-2009)

| <i>Departament o centre de recerca</i> | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | <i>Import total</i> |
|--|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|---------------------|
| CA1 | 394 | 273 | 589 | 699 | 526 | 655 | 539 | 3.675 |
| CA2 | 139 | — | 157 | 53 | 335 | 356 | 110 | 1.149 |
| EC | 739 | 1.735 | 1.159 | 1.936 | 1.022 | 2.076 | 1.222 | 9.890 |
| ETCG | 1.772 | 959 | 1.998 | 895 | 1.139 | 2.036 | 1.933 | 10.732 |
| EHMA | 617 | 337 | 897 | 294 | 729 | 1.464 | 1.568 | 5.906 |
| ITT | 632 | 397 | 798 | 708 | 455 | 689 | 1.392 | 5.070 |
| MAIII | 194 | 477 | 244 | 427 | 701 | 906 | 1.928 | 4.876 |
| RMEE | 94 | 133 | 271 | 185 | 198 | 503 | 308 | 1.693 |
| CPSV | 559 | 491 | 397 | 257 | 435 | 1.084 | 981 | 4.204 |
| CRAHI | 32 | 102 | 301 | 1.095 | 352 | 2.007 | 1.012 | 4.901 |
| CIMNE | 2.795 | 3.808 | 4.009 | 7.252 | 6.420 | 6.154 | 8.928 | 39.366 |
| CIIRC-LIM | 654 | 829 | 1.427 | 828 | 614 | 1.226 | 670 | 6.247 |
| CENIT | 497 | 306 | 770 | 964 | 1.508 | 1.379 | 1.690 | 7.114 |
| Import total | 9.117 | 9.848 | 13.016 | 15.591 | 14.435 | 20.534 | 22.282 | 104.824 |

Font: Dades estadístiques de la UPC i informació facilitada pel CIMNE, el CIIRC i el CENIT.

TAULA 18
*Nombre de projectes i ingressos (en milers de euros) per tipus de projectes
 en l'àrea de l'enginyeria civil i de la construcció (2003-2009)*

| <i>Departament o centre de recerca</i> | <i>Convenis</i> | | <i>Projectes europeus</i> | | <i>Projectes nacionals</i> | | <i>Import total</i> |
|--|-----------------|---------------|---------------------------|---------------|----------------------------|---------------|---------------------|
| | <i>Nombre</i> | <i>Import</i> | <i>Nombre</i> | <i>Import</i> | <i>Nombre</i> | <i>Import</i> | |
| CA1 | 138 | 3.199 | 2 | 158 | 11 | 317 | 3.675 |
| CA2 | 60 | 1.144 | — | — | 1 | 5 | 1.149 |
| EC | 146 | 7.339 | 6 | 437 | 24 | 2.114 | 9.890 |
| ETCG | 91 | 5.508 | 11 | 1.546 | 39 | 3.678 | 10.732 |
| EHMA | 106 | 3.993 | 3 | 462 | 23 | 1.451 | 5.906 |
| ITT | 86 | 4.562 | 0 | 0 | 5 | 509 | 5.070 |
| MAIII | 14 | 483 | 8 | 2.003 | 37 | 2.391 | 4.876 |
| RMEE | 27 | 948 | 1 | 15 | 21 | 730 | 1.693 |
| CPSV | 91 | 2.174 | 4 | 300 | 18 | 1.730 | 4.204 |
| CRAHI | 20 | 3.559 | 3.5 | 1.030 | 10 | 312 | 4.902 |
| CIMNE | 423 | 18.000 | 53 | 10.184 | 254 | 11.182 | 39.366 |
| CIIRC-LIM | 81 | 3.243 | 8.5 | 1.242 | 26 | 1.762 | 6.247 |
| CENIT | 99 | — | 19 | — | 80 | — | 7.114 |

Font: Dades estadístiques de la UPC i informació facilitada pel CIMNE, el CIIRC i el CENIT.

Durant el període en estudi (2003-2009), l'import total dels convenis i projectes de recerca obtinguts pels departaments i centres de recerca de l'àrea ha estat de 104.823.900 €, la qual cosa representa aproximadament un finançament mitjà anual de 15.000.000 €. En particular, la quantitat obtinguda pels departaments analitzats representa un 22 % del total gestionat per la UPC. El finançament aconseguit mitjançant convenis ha estat majoritari i ha representat un 65 %, mentre que els projectes nacionals han aportat un 27 %, i els projectes europeus, el 18 % restant (figura 2). Durant el període, l'import mitjà ha estat de 42.000 € per conveni, de 175.000 € per projecte europeu i de 56.000 € per projecte nacional.

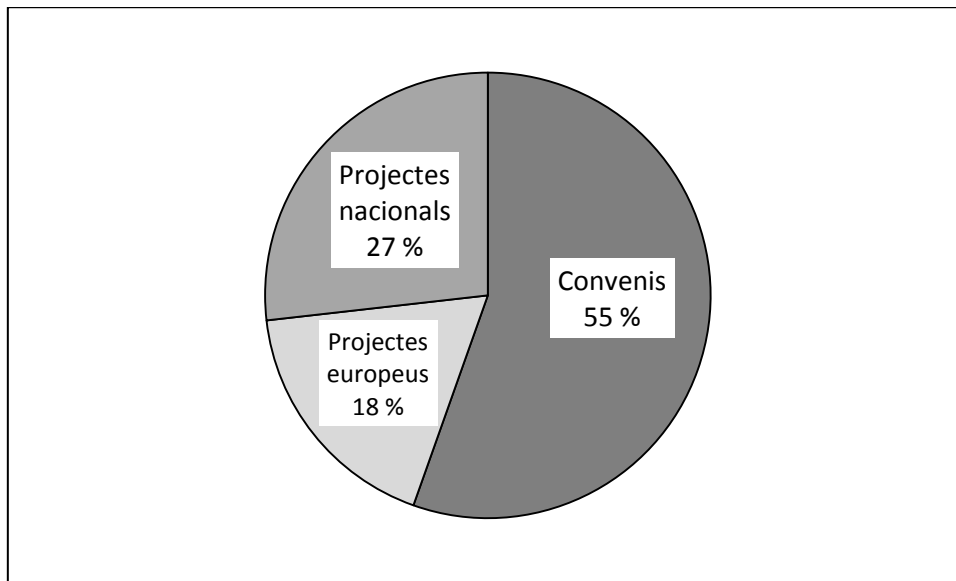


FIGURA 2. Distribució de l'import dels projectes de recerca, segons el tipus de finançament (2003-2009).

Font: Dades estadístiques de la UPC.

L'evolució en el temps de l'import total aconseguit per projectes i convenis mostra un creixement continuat al llarg del període 2003-2009, amb increments molt importants fins a l'any 2008 i un creixement moderat entre els anys 2008 i 2009. Al llarg del període, i en relació amb l'any 2003, l'import disponible ha experimentat un creixement del 150 %.

L'any 2009 es manté proper al màxim obtingut, malgrat una davallada molt important de l'import dels convenis, el qual recupera valors propers als obtinguts en anys anteriors al 2008. Aquesta davallada es pot entendre com un retorn a la xifra normal de facturació per convenis, però pot també observar-se com un primer indicatiu de l'arribada de la crisi econòmica actual.

5. RESULTATS

5.1. Patents

En les taules 19 i 20 s'ofereix una descripció dels principals resultats de la recerca, mostrant els resultats obtinguts pels diferents departaments (taula 19) i l'evolució experimentada al llarg del període analitzat (taula 20). Aquestes taules no inclouen els centres de recerca vinculats a la UPC, atès que una gran part dels seus investigadors són també professors d'aquesta universitat i, en conseqüència, gairebé tota la seva producció publicada ja es troba comptabilitzada en els resultats dels departaments.

TAULA 19
Resultats de la recerca de l'àrea d'enginyeria civil i de la construcció

| Departament | Patents | Llibres | Capítols | Articles en revistes ¹ | | | Actes en congressos notables UPC | Treballs presentats en congressos ² |
|---------------|---------|---------|----------|-----------------------------------|-------|------|----------------------------------|--|
| | | | | CTA + DIV | JCR | NOT | | |
| CA1 | 4 | 91 | 56 | 173 | 26 | 21 | 32 | 314 |
| CA2 | 8 | 29 | 3 | 27 | 16 | 5 | 0 | 68 |
| EC | 2 | 39 | 49 | 63 | 129 | 38 | 8 | 494 |
| ETCG | 2 | 12 | 88 | 143 | 263 | 25 | 68 | 638 |
| EHMA | 1 | 8 | 59 | 46 | 202 | 8 | 36 | 254 |
| ITT | 1 | 32 | 66 | 66 | 36 | 15 | 0 | 284 |
| MAIII | 1 | 17 | 69 | 527 | 410 | 8 | 64 | 653 |
| RMEE | 1 | 29 | 19 | 37 | 147 | 25 | 21 | 504 |
| Àrea ECEC | 20 | 257 | 409 | 1.082 | 1.229 | 145 | 229 | 3.209 |
| Total UPC | 456 | 735 | 1.917 | 5.479 | 7.360 | 677 | 2.655 | 14.284 |
| RàtioECEC/UPC | 4 % | 35 % | 21 % | 20 % | 17 % | 21 % | 9 % | 22 % |

Font: Dades estadístiques de la UPC.

1. La classificació de les revistes en CTA o DIV s'ha realitzat segons siguin revistes científicotècniques o artístiques (CTA) o revistes de divulgació (DIV). Les revistes JCR són les que apareixen en el JCR de l'any corresponent i les NOT són les considerades com a notables per la UPC.

2. Excepte les actes en congressos considerats notables per la UPC.

TAULA 20
*Evolució dels resultats de la recerca de l'àrea d'enginyeria civil
i de la construcció (2003-2009)*

| <i>Curs o any</i> | <i>Patents</i> | <i>Llibres</i> | <i>Capítols de llibre</i> | <i>Articles en revistes¹</i> | | | <i>Actes en congressos notables UPC</i> | <i>Treballs presentats en congressos²</i> |
|-------------------|----------------|----------------|---------------------------|---|------------|------------|---|--|
| | | | | <i>CTA + DIV</i> | <i>JCR</i> | <i>NOT</i> | | |
| 2002-2003 | 2 | 35 | 22 | 141 | 88 | 15 | 13 | 384 |
| 2003-2004 | 2 | 23 | 52 | 161 | 102 | 28 | 24 | 379 |
| 2004-2005 | 0 | 29 | 63 | 138 | 113 | 16 | 25 | 454 |
| 2005-2006 | 3 | 34 | 42 | 156 | 134 | 14 | 73 | 393 |
| 2006-2007 | 3 | 38 | 36 | 154 | 209 | 11 | 38 | 329 |
| 2008 ³ | 3 | 49 | 87 | 209 | 315 | 39 | 56 | 558 |
| 2009 | 7 | 49 | 107 | 123 | 268 | 22 | * | 712 |
| Àrea ECEC | 20 | 257 | 409 | 1.082 | 1.229 | 145 | 229 | 3.209 |
| Total UPC | 456 | 735 | 1.917 | 5.479 | 7.360 | 677 | 2.655 | 14.284 |
| Ràtio ECEC/UPC | 4 % | 35 % | 21 % | 20 % | 17 % | 21 % | 9 % | 22 % |

Font: Dades estadístiques de la UPC.

* No disponible.

1. La classificació de les revistes en CTA o DIV s'ha realitzat segons siguin revistes científicotècniques o artístiques (CTA) o revistes de divulgació (DIV). Les revistes JCR són les que apareixen en el JCR de l'any corresponent i les NOT són les considerades com a notables per la UPC.

2. Excepte les actes en congressos considerats notables per la UPC.

3. A partir del 2008, la producció científica es comptabilitza segons els anys naturals. A l'any 2008 li ha estat assignat el període comprès entre l'1 de setembre del 2007 i el 31 de desembre del 2008.

Malgrat el caràcter eminentment tecnològic de l'àrea, crida l'atenció el limitat nombre de patents obtingudes pels diferents departaments durant el període en estudi. En efecte, el nombre de patents és molt reduït (solament vint en sis anys) i representa solament un 4 % del total obtingut a la UPC en el mateix període. Els departaments relacionats amb l'arquitectura i l'enginyeria de l'edificació (CA1 i CA2), amb un total de dotze patents, hi realitzen la principal aportació. Tal com ja es va esmentar en els reports corresponents als períodes anteriors, l'escàs nombre de patents evidencia una limitada capacitat d'innovació tecnològica per part dels investigadors vinculats a l'àrea. Pot afirmar-se, de fet, que la major part de l'esforç realitzat pels investigadors s'orienta cap a una forma de recerca d'alt nivell científic, però insuficientment connectada amb les empreses i amb les necessitats d'innovació tecnològica a la indústria. L'observació de l'evolució del nombre de patents aconseguides durant el període palesa, però, una certa tendència al creixement, amb un salt important (de 3 a 7) l'any 2009. D'altra

banda, cal notar que el període de gestió de les patents és, en general, llarg (al voltant de tres anys) i que, per tant, l'estadística esmentada molt probablement no considera patents sol·licitades durant el període avaluat.

5.2. Publicacions

La producció de publicacions científiques i tècniques es resumeix en les taules 19 i 20, tot distingint entre llibres, capítols de llibre, articles en revistes i treballs presentats en congressos. No s'hi han computat publicacions de tipus docent o d'altra mena no relacionades estrictament amb la recerca. Entre els articles, es distingeix entre articles publicats en revistes indexades en el *Journal Citation Report* (JCR), articles publicats en revistes no indexades en el JCR però considerades notables per part de la UPC (NOT) i articles publicats en altres revistes no indexades en el JCR i no considerades notables (CTA + DIV). Aquest darrer grup inclou revistes científicotècniques o artístiques no indexades i no considerades notables (CTA) i articles de divulgació (DIV). En relació amb els congressos, es distingeix entre publicacions en actes de congressos considerats notables per la UPC i altres treballs presentats en congressos.

A diferència del que ha estat esmentat respecte a les patents, l'àrea d'enginyeria civil i de la construcció presenta uns resultats excel·lents quant a publicacions resultants de la recerca. Durant el període en estudi, els departaments de l'àrea (que representen un 16 % del personal de la UPC) han produït, dins de la UPC, un 35 % dels llibres publicats, un 21 % dels capítols de llibre, un 18 % dels articles en revistes i un 22 % dels treballs presentats en congressos. El nombre d'articles publicats en revistes indexades en el JCR representa un 17 % del total de la UPC. En conjunt, es pot considerar que els resultats, quant a producció científica de qualitat, són positius i posen de manifest l'existència de grups de recerca d'excel·lència amb elevada capacitat de producció. Cal notar, però, que la contribució a la producció científica publicada dels diferents departaments és força desigual. En l'àrea conviuen departaments febles en producció científica amb departaments altament productius. Entre els segons, hi destaquen els departaments vinculats amb l'ETSECCPB, i molt especialment l'ETCG, l'EHMA i el MAIII.

D'aquesta desigual contribució a la recerca dels departaments, se'n desprèn, com a recomanació, la conveniència d'emprendre polítiques universitàries que promoguin l'activació del potencial dels departaments més febles. Alhora, i pel mateix motiu, és important reconèixer suficientment la capacitat dels departaments més productius i continuar potenciant-la de cara al futur, tot permetent-hi, en particular, la incorporació de docents i d'investigadors joves que puguin aprofitar l'important *know-how* acumulat i donar-li continuïtat.

Tal com pot observar-se en la taula 20, l'evolució de la producció científica publicada ha estat molt satisfactòria dins del període en estudi. Cal notar que, en aquesta taula, l'any 2008 acumula setze mesos, perquè, a partir d'aquesta data, la UPC comença a realitzar el còmput de la producció científica per anys naturals, mentre que anteriorment havia estat fet per cursos. En particular, l'augment de la producció publicada de qualitat, dins del període analitzat, ha estat realment molt important. En particular, l'any 2009 es van publicar 268 articles en revistes indexades en el JCR, la qual cosa representa el 300 % de la quantitat publicada durant el curs 2002-2003. L'augment important i sostingut de la publicació d'articles en revistes és ben visible en la figura 3, on es fa palès que l'augment afecta principalment les publicacions en revistes indexades en el JCR. En aquesta figura, la producció de l'any 2008 ha estat afectada per un factor d'equivalència per permetre la comparació amb períodes de dotze mesos. Aquest augment, que palesa una consciència més gran dels investigadors envers la necessitat de publicar els resultats de la recerca en revistes de prestigi i d'alt impacte, s'ha vist, sens dubte, potenciat per la importància que les publicacions científiques han tingut en les proves d'habilitació i acreditació realitzades durant aquest període per a la incorporació i promoció del professorat.

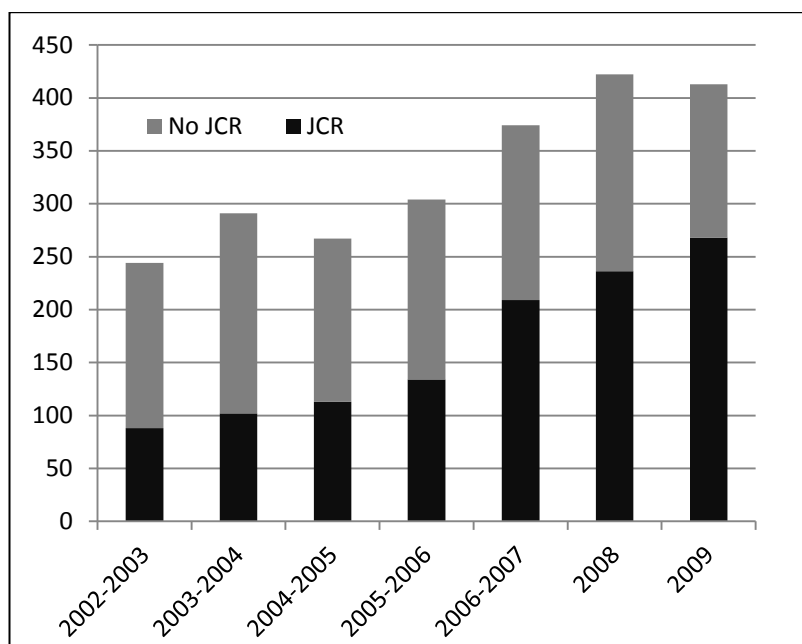


FIGURA 3. Evolució del nombre d'articles publicats en revistes dins de l'àrea d'enginyeria civil i de la construcció (2002-2009).

Font: Dades estadístiques de la UPC.

La UPC ha estat líder en el camp de l'enginyeria civil (entre altres camps com ara l'arquitectura; l'automàtica i la robòtica, o les telecomunicacions) durant el període 2007-2011 en la tercera edició del *Rànking I-UGR 2012 de Universidades Españolas según Campos y Disciplinas Científicas*, el qual comprèn institucions públiques i privades i es fonamenta en la recerca que es publica en les revistes internacionals de més impacte i visibilitat. Les bases de dades bibliogràfiques de referència que utilitza el rànkering són les de Thomson Reuters (*Web of Science* [WoS] i JCR). La UPC apareix en la primera posició en el camp de les enginyeries durant el període esmentat.

5.3. Tesis doctorals

Tal com queda consignat en les taules 21 i 22, durant el període 2003-2009, s'ha llegit dins de l'àrea (i dins de la UPC) un total de 289 tesis, la qual cosa representa una mitjana d'unes 40 tesis l'any i un 20 % respecte del nombre total de tesis llegides a la UPC. Aquest percentatge s'ha mantingut constant respecte de l'anterior report de la recerca, en què la quantitat de tesis llegides se situava en un 19 % del total.

TAULA 21
Tesis dirigides dins l'àrea d'enginyeria civil i de la construcció (2003-2009)

| <i>Departament</i> | <i>Tesis dirigides¹</i> | <i>Premis extraordinaris de doctorat (direcció)</i> |
|--------------------|------------------------------------|---|
| CA1 | 58 | 1 |
| CA2 | — | — |
| EC | 57 | 4 |
| ETCG | 45 | — |
| EHMA | 35 | 1 |
| ITT | 29 | — |
| MAIII | 28 | 1 |
| RMEE | 37 | 1 |
| Àrea ECEC | 289 | 8 |
| Total UPC | 1.477 | 51 |
| RàtioECEC/UPC | 20 % | 16 % |

Font: Dades estadístiques de la UPC.

1. Tesis dirigides a la UPC, tant si s'ha llegit a la UPC com fora.

TAULA 22
*Evolució del nombre de tesis dirigides dins de l'àrea d'enginyeria civil
i de la construcció (2003-2009)*

| <i>Curs o any</i> | <i>Tesis dirigides¹</i> | <i>Premis extraordinaris de doctorat (direcció)</i> |
|-------------------|------------------------------------|---|
| 2002-2003 | 33 | — |
| 2003-2004 | 32 | 2 |
| 2004-2005 | 43 | 1 |
| 2005-2006 | 41 | 1 |
| 2006-2007 | 41 | 3 |
| 2008 ² | 41 | 1 |
| 2009 | 58 | * |
| Àrea ECEC | 289 | 8 |
| Total UPC | 1.477 | 51 |
| Ràtio ECEC/UPC | 20 % | 16 % |

Font: Dades estadístiques de la UPC.

1. Tesis dirigides a la UPC, tant si s'ha llegit a la UPC com fora.

2. A partir del 2008, la producció científica es comptabilitza segons els anys naturals. A l'any 2008 li ha estat assignat el període comprès entre l'1 de setembre del 2007 al 31 de desembre del 2008.

En la taula 21 s'indica el nombre de tesis dirigides per professors de la UPC, tant si s'han llegit a la UPC o fora (és a dir, a altres institucions com a resultat d'algun tipus d'acord o conveni). Al llarg del període considerat, el nombre de tesis llegides ha augmentat sensiblement, de manera que el total llegit l'any 2009 (58) representa un 175 % de les tesis llegides durant el curs 2002-2003.

El nombre de beques predoctorals obtingudes també constitueix, d'alguna manera, un resultat de la recerca, ja que, com s'ha comentat, el gruix d'aquestes beques s'obté de convocatòries de caràcter competitiu en les quals, a banda dels mèrits del candidat, també es considera el currículum investigador del grup que acull la recerca. Des d'aquest punt de vista, es pot considerar decebedor el fet que l'àrea d'enginyeria civil i enginyeria de la construcció hagi aconseguit, durant el període 2003-2009, solament un 15 % del total de beques predoctorals obtingudes per la UPC. Més encara, s'observa que la tendència és, a grans trets, decreixent, ja que el total de beques de l'àrea representava a l'inici del període el 21 % de la UPC, percentatge que s'ha vist

reduït fins al 13 %, el 2009. Un dels factors que possiblement dificulten l'obtenció de beques, en relació amb altres camps del coneixement, rau possiblement en les qualificacions comparativament més baixes que reben tradicionalment els estudiants de les principals titulacions de l'àrea d'enginyeria civil. Amb unes qualificacions, de mitjana, comparativament més baixes, els candidats de l'àrea es troben en una certa inferioritat de condicions a l'hora de participar en convocatòries de caràcter competitiu, en què normalment l'expedient acadèmic esdevé el principal criteri per a la concessió de les beques. Òbviament, aquestes qualificacions més baixes resulten del criteri dels professors de les corresponents escoles i no mantenen relació amb l'acompliment dels estudiants.

És remarcable el fet que el percentatge de tesis llegides en l'àrea dins la UPC (20 %) sigui sensiblement superior al percentatge de beques concedides per any (15 %). Això posa de manifest l'alta eficàcia del conjunt del sistema de recerca, el qual permet que pràcticament tots els estudiants amb una beca predoctoral concedida acabin sent doctors i que el nombre d'abandonaments sigui molt reduït. Com ja es va comentar en el report relatiu al període anterior, aquest fet està relacionat amb l'alta productivitat científica dels directors de tesi i la seva elevada dedicació a la supervisió del treball dels doctorands.

5.4. Punts de recerca

La UPC, amb caràcter 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 uns punts d'activitat de recerca (PAR) i uns punts d'activitat de transferència de tecnologia (PATT) per professor equivalent a dedicació plena (EDP). Els punts anomenats PAR qualifiquen les contribucions científiques (com ara comunicacions i ponències en congressos, articles en revistes nacionals, monografies, patents, llibres, etc.), mentre que els punts PATT mesuren la capacitat de captació de fons per a la recerca i la transferència de tecnologia en forma de convenis i projectes. Els punts PAR tipus 1 qualifiquen les activitats de recerca de qualitat contrastada, és a dir, sotmeses a processos de revisió o de validació per experts: s'hi consideren no únicament els articles, sinó també les comunicacions publicades en actes de congressos valorats com a

notables per part de la UPC; es consideren com a notables els congressos molt consolidats i amb un gran prestigi dins del seu camp. Els punts PAR tipus 2 fan referència a la resta d'activitats. Els EDP fan referència tant als professors com als investigadors. Dins el càlcul d'EDP, s'hi inclouen els professors, els investigadors i els becaris graduats a partir del tercer any de beca. A efectes de l'elaboració de la taula 23, dins del MAIII i l'RMEE s'han considerat únicament els grups de recerca vinculats a l'ETSECCPB.

La mesura de la productivitat a través dels punts PAR i PATT posa de manifest el satisfactori nivell que tant en capacitat de captació de recursos com en producció científica presenta la major part dels departaments considerats, així com l'àrea en conjunt. En la taula 23 es resumeixen els punts PAR i PATT obtinguts pels departaments de l'àrea durant l'any 2009 (darrer any del període en estudi). Mentre que els EDP totals de l'àrea representen l'11 % del total de la UPC, l'àrea produeix el 15 % dels punts PAR, el 14 % dels PAR tipus 1 i el 19 % dels PATT. L'àrea presenta ràtios per EDP sensiblement superiors a les mitjanes de la UPC, i en supera la mitjana en un 41 % en el cas dels punts PAR, un 34 % en el cas dels PAR tipus 1 i un 77 % en els punts PATT. En la taula 24 s'estableix una comparació amb els resultats del curs 2001-2002, corresponent al final del període de l'informe anterior. El fet de comparar un curs amb un any es deu al canvi de criteri realitzat a partir de l'any 2008, any a partir del qual, com s'ha esmentat, la recerca ha estat avaluada segons els anys naturals. La comparació permet identificar un creixement substancial tant de la capacitat de captació de recursos com de la producció científica. El creixement experimentat no és proporcional, sinó que excedeix sensiblement l'augment del nombre d'EDP experimentat per l'àrea. Particularment remarcable ha estat el creixement en punts PAR tipus 1 per EDP (que presenta un augment del 87 %) i en punts PATT per EDP (amb un augment del 51 %).

TAULA 23
*Distribució dels punts PAR i PATT i de professors EDP
a l'àrea d'enginyeria civil i de la construcció (2009)*

| <i>Departament</i> | <i>PAR</i> | <i>PAR tipus 1</i> | <i>PATT</i> | <i>EDP</i> | <i>PAR/EDP</i> | <i>PAR tipus 1 / EDP</i> | <i>PATT/EDP</i> |
|-------------------------------------|------------|--------------------|-------------|------------|----------------|--------------------------|-----------------|
| CA1 | 719 | 474 | 2.928.478 | 33 | 21,8 | 14,4 | 88.742 |
| CA2 | 576 | 135 | 651.013 | 23 | 25,1 | 5,8 | 28.305 |
| EC | 849 | 609 | 2.905.218 | 25 | 34,0 | 24,4 | 116.209 |
| ETCG | 1.684 | 1.265 | 3.092.137 | 48 | 35,1 | 26,4 | 64.420 |
| EHMA | 1.222 | 1.011 | 3.522.529 | 23 | 53,1 | 44,0 | 153.153 |
| ITT | 499 | 340 | 2.506.737 | 18 | 27,8 | 18,9 | 139.263 |
| MAIII* | 1.532 | 1.159 | 1.050.871 | 28,75 | 53,3 | 40,3 | 36.552 |
| RMEE* | 1.032 | 873 | 56.098 | 12 | 86,0 | 72,7 | 4.675 |
| Total departaments dins l'àrea ECEC | 8.113 | 5.865 | 16.713.081 | 210,75 | 38,5 | 27,8 | 79.303 |
| Total departaments i instituts UPC | 54.845 | 41.472 | 89.886.988 | 2.007 | 27,3 | 20,7 | 44.787 |
| Relació àrea ECEC/UPC | 15 % | 14 % | 19 % | 11 % | 141 % | 134 % | 177 % |

Font: Dades estadístiques de la UPC.

*Dins d'aquests departaments, sols s'hi consideren els grups de recerca més directament relacionats amb l'àrea d'enginyeria civil i enginyeria de la construcció. En el cas del MAIII, els grups de recerca considerats són CODALAB, LaCàN i NRG. En el cas de l'RMEE, s'hi considera solament el grup MC².

TAULA 24
Comparació de punts PAR i PATT entre l'any 2009 i el curs 2001-2002

| <i>Departament</i> | <i>PAR</i> | <i>PAR tipus 1</i> | <i>PATT</i> | <i>EDP</i> | <i>PAR/EDP</i> | <i>PAR tipus 1 / EDP</i> | <i>PATT/EDP</i> |
|---|------------|--------------------|-------------|------------|----------------|--------------------------|-----------------|
| Total departaments dins l'àrea ECEC (2009) | 8.113,23 | 5.865,20 | 16.713,081 | 210,75 | 38,5 | 27,8 | 79.303 |
| Total departaments dins l'àrea ECEC (2001-2002) | 5.957,61 | 3.030,22 | 10.710,335 | 204 | 29,2 | 14,9 | 52.502 |
| Augment | 36 % | 94 % | 56 % | 3 % | 32 % | 87 % | 51 % |

Font: Dades estadístiques de la UPC.

5.5. Nova anàlisi bibliomètrica

El nombre d'articles publicats en revistes internacionals de prestigi constitueix un dels indicadors emprats més habitualment per a la mesura de l'excel·lència científica i de la capacitat de generació de coneixement, gràcies al seu caràcter objectiu i contrastable. En aquest apartat es presenta un estudi comparatiu realitzat a partir de dades sobre el nombre 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 altres ciutats i universitats europees. L'estudi reproduïx una metodologia introduïda en el report del període 1990-1995 i igualment aplicada en el report del període 1996-2002. Aquesta metodologia comptabilitza la contribució al coneixement d'una ciutat o d'una institució com la relació entre el nombre d'articles publicats pels seus investigadors i el nombre total d'articles. A més de permetre una certa quantificació de la contribució científica, l'aplicació d'aquesta metodologia en possibilita una anàlisi de l'evolució a través dels esmentats períodes.

5.5.1. Selecció de revistes científiques

L'estudi del nombre de publicacions s'ha realitzat a partir d'un conjunt de vint-i-tres revistes representatives de les diferents subàrees de l'enginyeria civil i de la construcció presentades en l'apartat 2.2. Per a la selecció de les revistes, a banda de garantir la representació de les subàrees, s'han considerat els factors d'impacte (IF) i les preferències dels investigadors de l'àrea. En particular, entre les revistes seleccionades, hi ha les quinze revistes en les quals més publiquen els professors de la UPC, segons un estudi de la BRGF (2009). La mostra també inclou els títols considerats en el report del període 1996-2002. Totes les revistes seleccionades es troben indexades en el *Science Citation Index* (SCI). En la taula 25 es presenten els títols de les revistes seleccionades, amb la indicació de les categories corresponents de l'SCI i els IF dels anys 2001 i 2009.

TAULA 25
Relació de revistes seleccionades per a l'anàlisi bibliomètrica

| <i>Títol de les revistes</i> | <i>IF JCR2001</i> | <i>IF JCR2009</i> | <i>Categories</i> |
|--|-----------------------|-----------------------|--|
| <i>ACI Structural Journal</i> | 0,435 | 0,874 | «Construction and building technology» «Civil engineering» |
| <i>Cement and Concrete Research</i> | 0,738 | 2,376 | «Construction and building technology» |
| <i>Chemosphere</i> * | 1,181 | 3,253 | «Environmental sciences» |
| <i>Coastal Engineering</i> * | 0,660 | 2,404 | «Ocean engineering» |
| <i>Communications in Numerical Methods in Engineering</i> * | 0,302 | 0,595 | «Engineering, multidisciplinary mathematics, interdisciplinary applications» |
| <i>Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering</i> * | 0,913 | 1,806 | «Engineering, multidisciplinary» |
| <i>Computers & Structures</i> * | 0,418 | 1,440 | «Civil engineering» |
| <i>Construction and Building Materials</i> | 0,341 | 1,456 | «Construction and building technology» |
| <i>Engineering Geology</i> * | 0,281 | 1,212 | «Geological engineering» «Multidisciplinary geosciences» |

| | | | |
|---|-------|-------|--|
| <i>Engineering Structures</i> * | 0,415 | 1,256 | «Civil engineering» |
| <i>Geotechnique</i> * | 0,714 | 1,069 | «Geological engineering» |
| <i>IEEE Transactions on Vehicular Technology</i> * | 0,776 | 1,488 | «Transportation science & technology» |
| <i>International Journal for Numerical Methods in Engineering</i> * | 1,239 | 2,025 | «Mathematics, interdisciplinary applications» |
| <i>International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics</i> * | 0,459 | 1,301 | «Geological engineering» |
| <i>Journal of Coastal Research</i> | 0,624 | 1,366 | «Environmental sciences» |
| <i>Journal of Hazardous Materials</i> * | 0,497 | 4,144 | «Environmental sciences» «Environmental engineering» «Civil engineering» |
| <i>Journal of Hydraulic Engineering</i> | 0,69 | 1,478 | «Civil engineering» |
| <i>Journal of Hydraulic Research</i> * | 0,458 | 0,801 | «Civil engineering» «Water resources» |
| <i>Journal of Hydrology</i> * | 1,301 | 2,433 | «Water resources» |
| <i>Journal of Structural Engineering</i> * | 0,732 | 0,928 | «Construction and building technology» «Civil engineering» |
| <i>Transportation Research Record</i> * | 0,038 | 0,298 | «Civil engineering transportation science & technology» |
| <i>Water Research</i> | 1,376 | 4,355 | «Environmental engineering» «Water resources» |
| <i>Water Resources Research</i> | 1,757 | 2,447 | «Water resources» |

Font: JCR (2001 i 2009).

Les revistes assenyalades amb un asterisc són les quinze revistes on més publiquen els professors de la UPC, segons l'estudi de la BRGF (2009).

L'SCI proporciona una mesura de la citació de publicacions dins d'una àmplia base de dades de revistes científiques i tècniques. Gràcies a la selecció rigorosa, les revistes incloses en l'SCI poden considerar-se com a publicacions líders en termes de qualitat i prestigi a escala mundial. L'SCI va ser originalment creat per l'Institute for Scientific Information (ISI), actualment dependent de Thomson Reuters. Un dels indicadors oferts per l'SCI, convencionalment adoptat per a la mesura de la qualitat de les revistes, és l'IF d'un any determinat. L'IF es defineix, per a una revista i per a un

any concret de càlcul, com la mitjana de citacions rebudes en l'any de càlcul pels articles publicats a la revista durant els dos anys anteriors, o, equivalentment, el nombre de citacions rebudes pels articles publicats en els dos anys anteriors dividit pel nombre d'articles publicats en aquests anys.

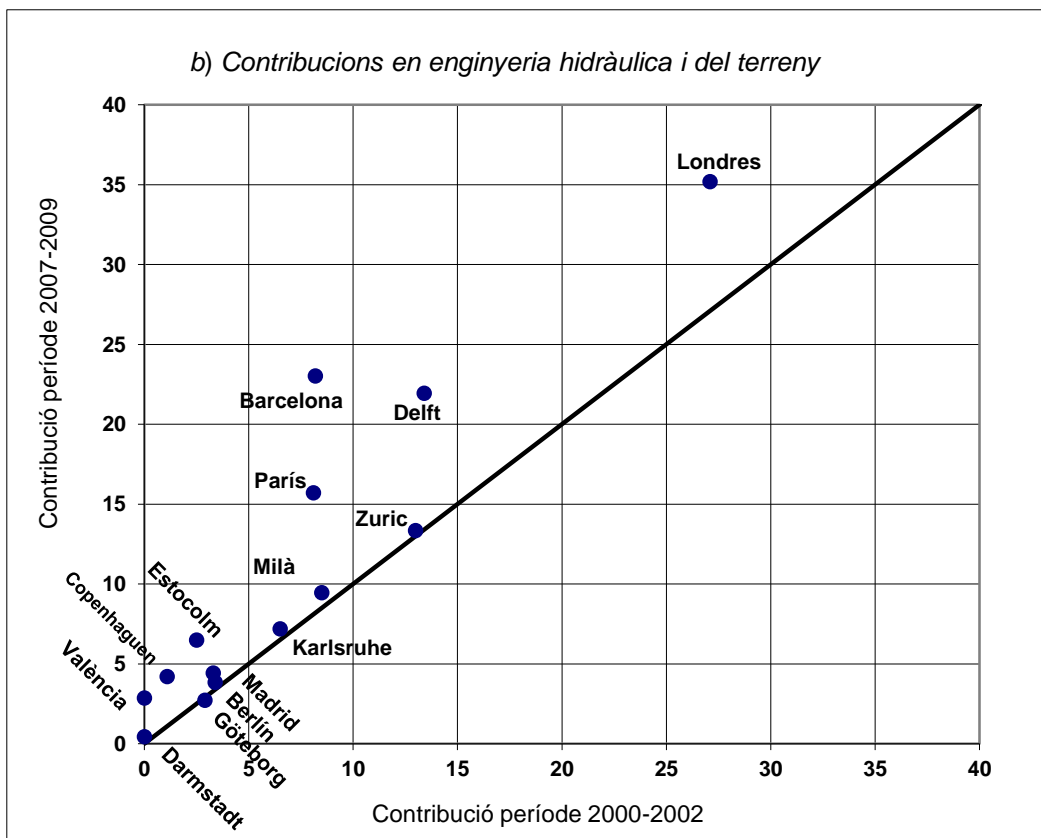
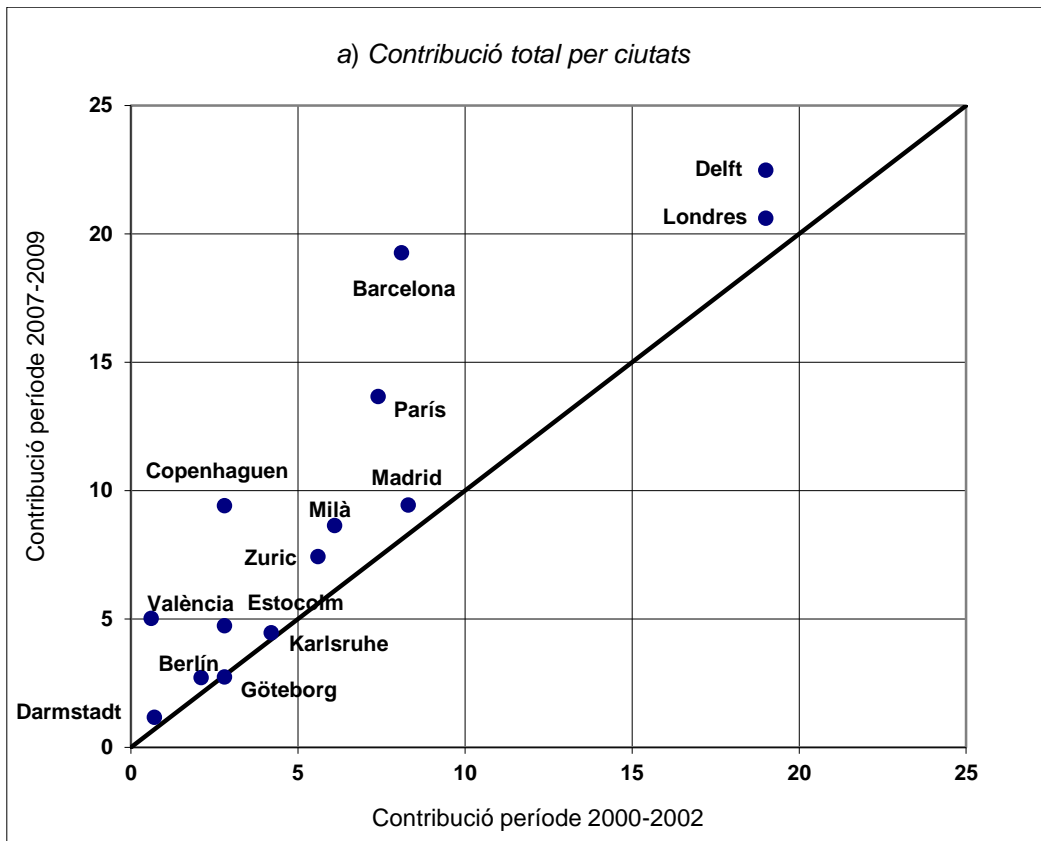
Per diversos motius, els IF de les revistes lligades a l'enginyeria i a la construcció són baixos per comparació amb altres àrees del coneixement; el còmput dels IF es veu negativament afectat, en particular, per un ritme de producció i de citació més lent que en altres àrees. Per aquest motiu, i tot mantenint el criteri dels reports anteriors, s'ha optat per limitar l'ús de l'IF a la selecció de les revistes més significatives de cada subàrea. Cal notar, però, que l'IF de les revistes seleccionades ha experimentat un important creixement entre els anys 2001 i 2009, havent-se doblat o triplicat en molts casos. Aquest increment pot considerar-se relacionat amb un augment gradual del nombre d'articles rellevants i d'alt impacte científic o tècnic en el context de l'enginyeria civil i de la construcció.

5.5.2. Metodologia

El mètode aplicat ha consistit a extraure de l'SCI tots els articles publicats originats en les ciutats europees on es troba una àmplia selecció de les escoles d'enginyeria civil i d'arquitectura de més prestigi. S'adopta el concepte *contribució* (d'una ciutat o d'un centre a una revista), definit com la relació, expressada en tant per mil, entre el nombre d'articles publicats en aquesta ciutat (o centre) i el total de la revista. Per exemple, una contribució de cinc per part d'una ciutat indica que de cada mil articles publicats a la revista, cinc provenen d'aquesta ciutat. L'anàlisi s'ha realitzat per a tres grans àmbits (els mateixos àmbits considerats en els reports anteriors), corresponents a l'enginyeria de la construcció i computacional, l'enginyeria hidràulica i del terreny i l'enginyeria marítima i ambiental. La contribució d'una ciutat a un àmbit s'obté com a mitjana de les contribucions de la ciutat a totes les revistes de l'àmbit. Finalment, la contribució d'una ciutat al coneixement dins l'àrea de l'enginyeria civil i de la construcció s'estima (amb les necessàries reserves) com a mitjana de les contribucions als tres àmbits considerats. Les contribucions han estat calculades per al

darrer trienni del període en estudi (2007-2009) i han estat comparades amb les calculades en l'anterior report per al període 2000-2002.

Les contribucions calculades per a les ciutats europees considerades, tant globals com per àmbits, es descriuen a través dels diagrames de la figura 4. Aquests diagrames representen les contribucions (sempre en tants per mil) del trienni 2007-2009 en relació amb les del trienni 2000-2002. Aquest tipus de representació permet observar la posició de cada ciutat independentment per a cada trienni, segons l'eix considerat, així com analitzar-ne l'evolució experimentada entre tots dos períodes, en funció de la posició relativa a la diagonal. Les ciutats considerades són Londres, París, Zuric, Delft, Darmstadt, Milà, Estocolm, Göteborg, Berlín, Karlsruhe, Copenhaguen i Barcelona. La cerca relativa a Copenhaguen també inclou la ciutat de Lyngby, on està situada la Universitat Politècnica de Dinamarca. També, a Zuric, s'hi afegeix tota la producció de l'Escola Federal Politècnica, que té seus importants a altres ciutats.



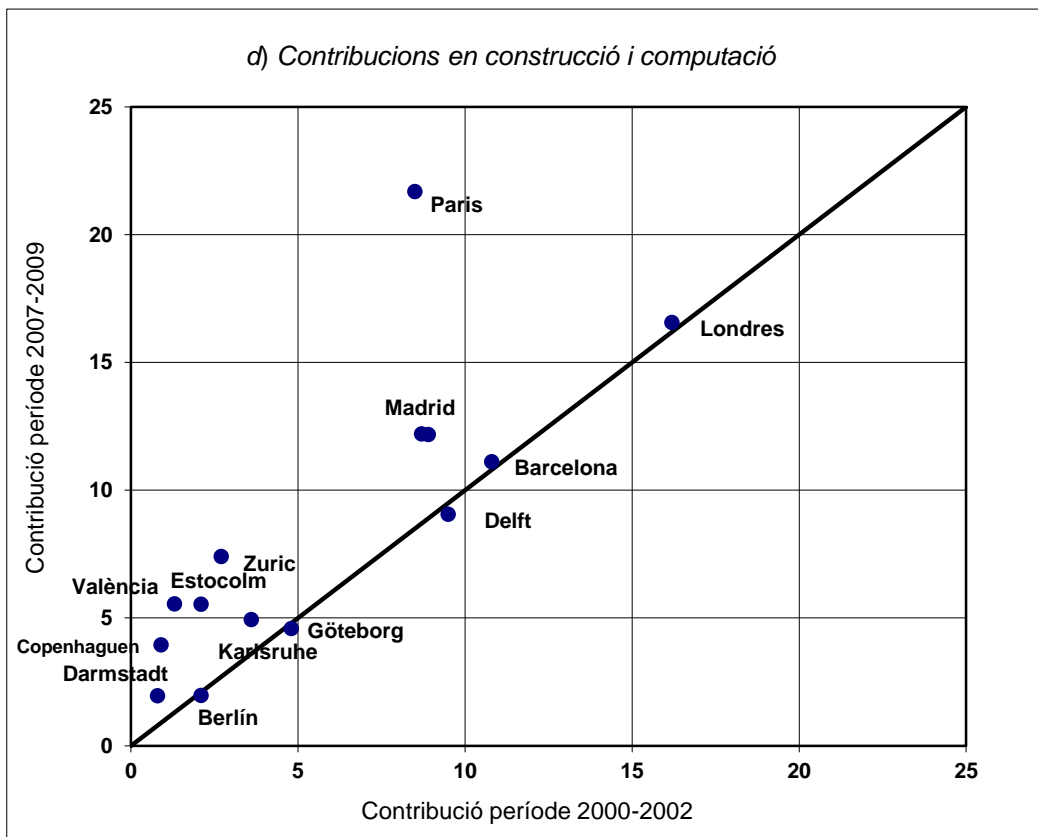
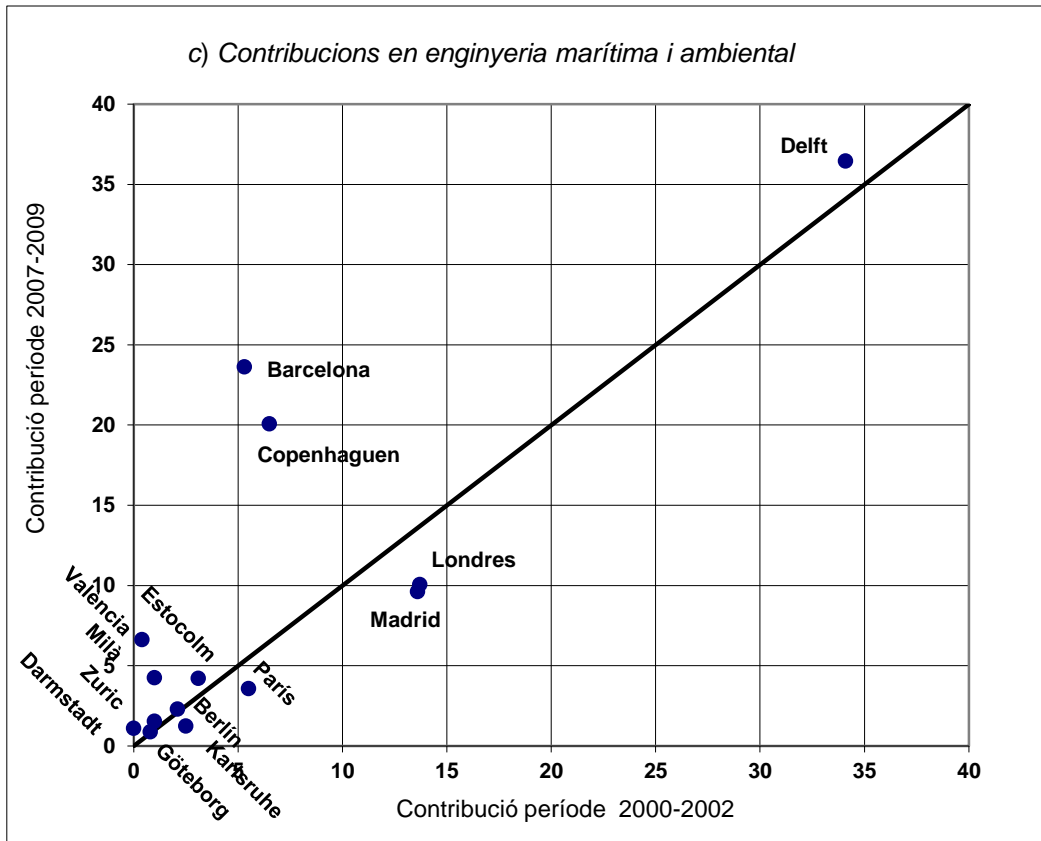
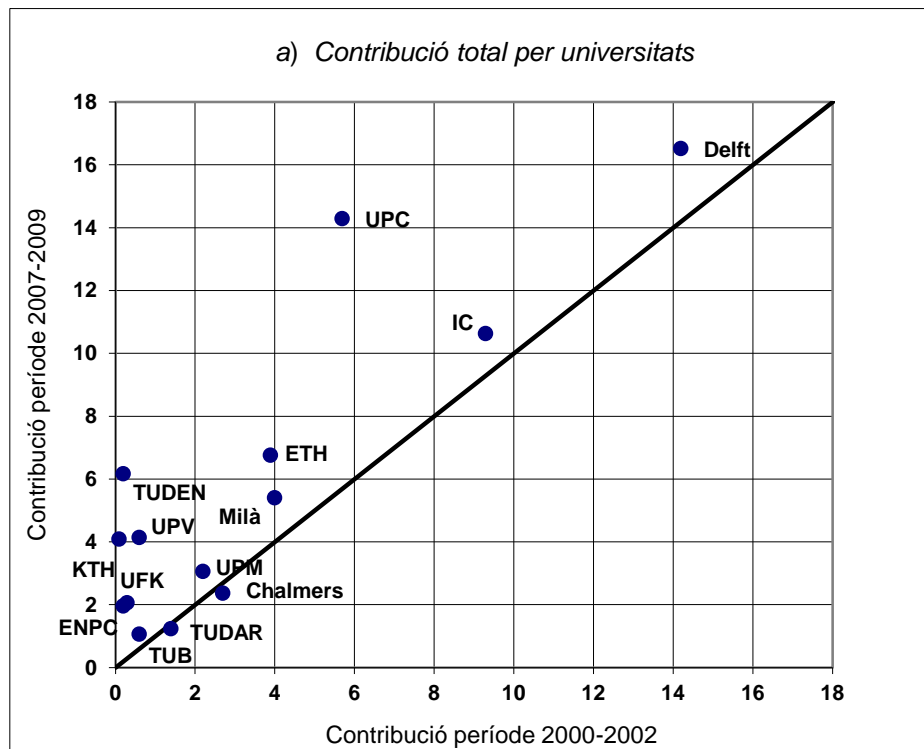
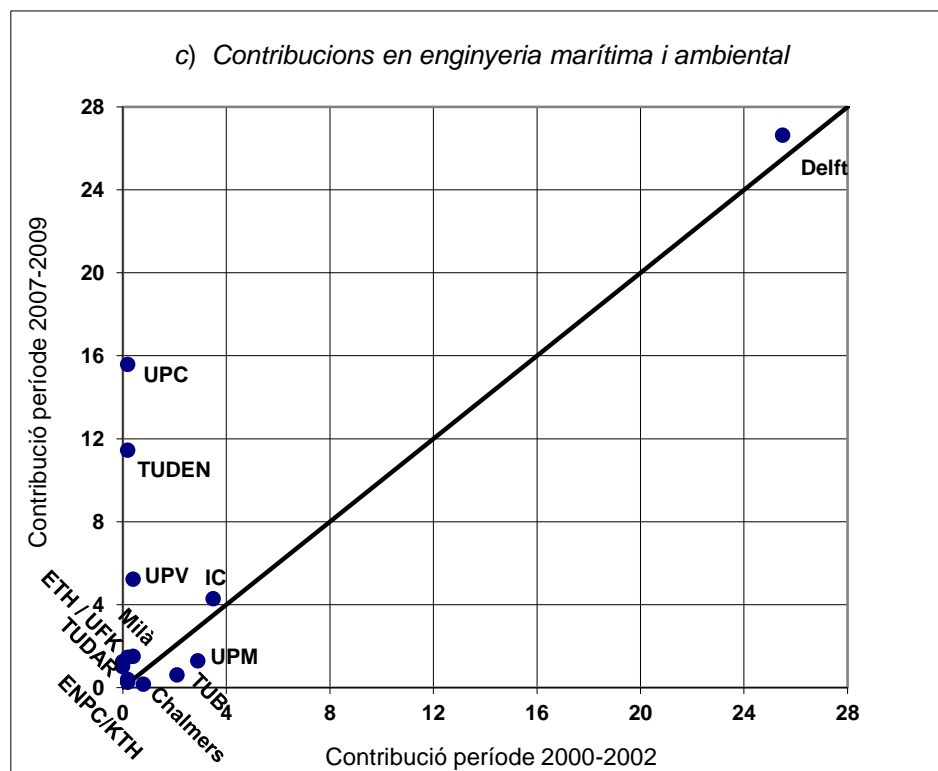
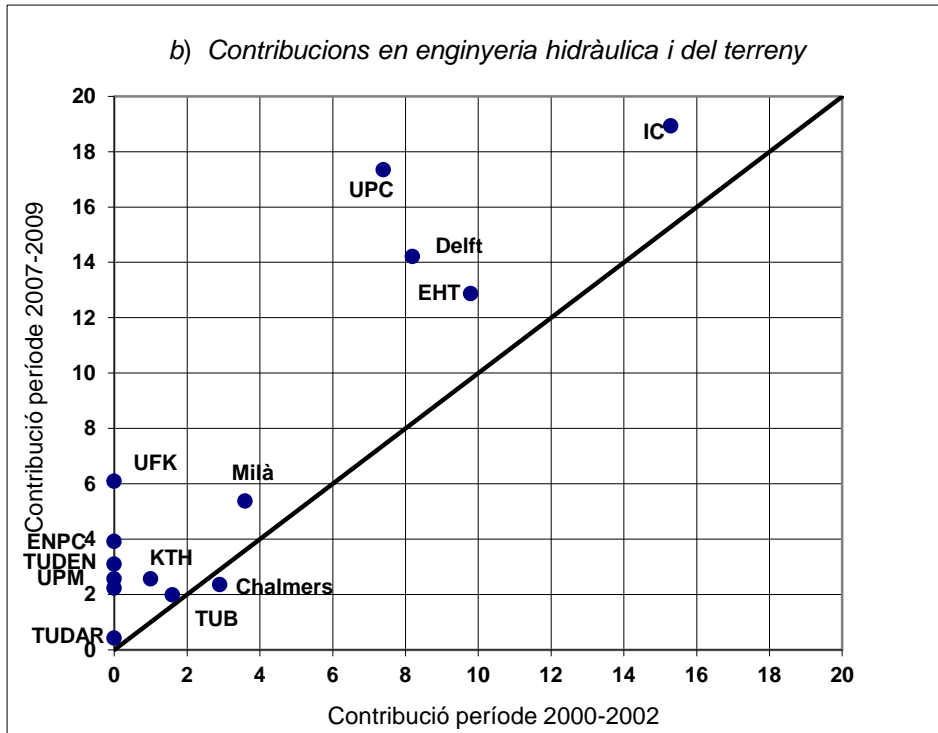


FIGURA 4. Contribucions de les ciutats europees amb universitats politècniques de reconegut prestigi a les revistes de l'àrea d'enginyeria civil i de la construcció seleccionades.

Font: Dades facilitades per l'Observatori de la Recerca de l'IEC.

El mateix mètode i els mateixos criteris han estat aplicats per a un conjunt d'universitats tecnològiques localitzades en aquestes ciutats. Els resultats han estat recollits en la figura 5. La nomenclatura emprada és la següent: IC: Col·legi Imperial de Londres; ETH: Escola Federal Politècnica de Zuric; UPC: Universitat Politècnica de Catalunya; Milà: Universitat Politècnica de Milà; Delft: Universitat de Tecnologia de Delft; KTH: Reial Escola Tècnica Superior d'Estocolm; ENPC: Escola Nacional de Ponts i Camins de París; TUDAR: Escola Tècnica Superior de Darmstadt; TUB: Universitat Tècnica de Berlín; UFK: Universitat de Karlsruhe; TUDEN: Universitat Politècnica de Dinamarca; UPM: Universitat Politècnica de Madrid; UPV: Universitat Politècnica de València; Chalmers: Escola Tècnica Superior Chalmers.





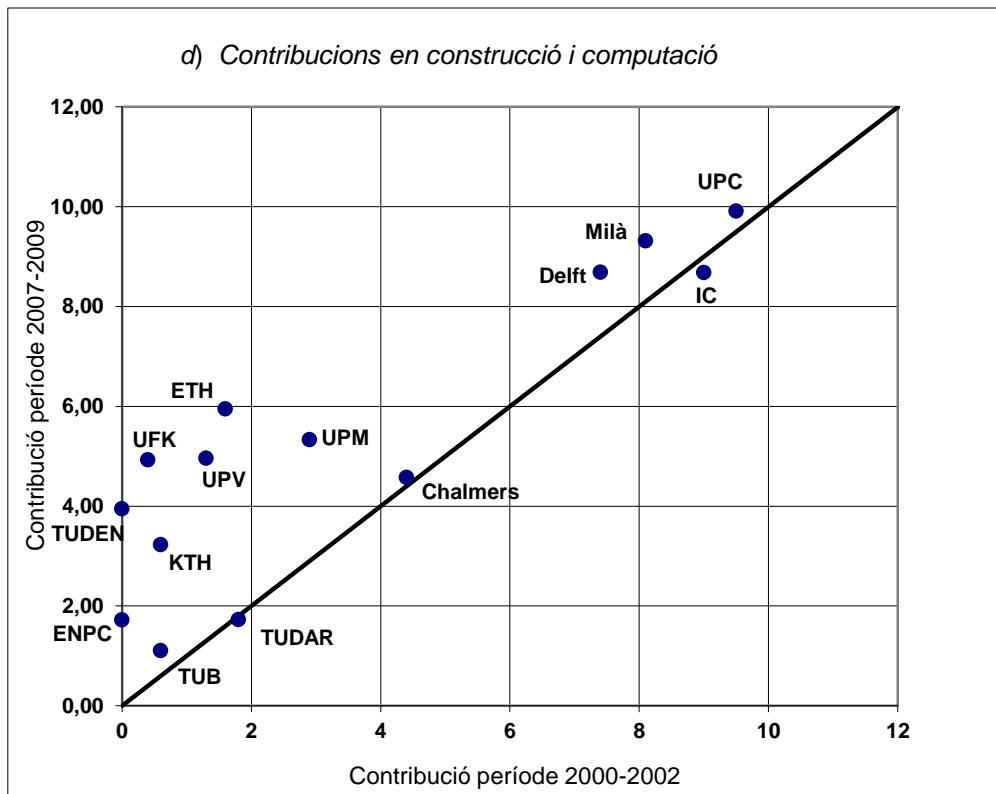


FIGURA 5. Contribucions de les universitats politècniques europees més prestigioses a les revistes de l'àrea d'enginyeria civil i de la construcció seleccionades.

Font: Dades facilitades per l'Observatori de la Recerca de l'IEC.

Cal esmentar que les dades presentades poden contenir algunes imprecisions derivades d'una certa variabilitat en la designació del nom de les universitats per part dels autors dels articles (per exemple, en algunes ocasions el nom de les universitats es presenta traduït a l'anglès); això pot ocasionar problemes en la cerca i sistematització de la informació, els quals eventualment podrien afectar la vàlua absoluta dels resultats. D'altra banda, cal també notar que la comparació amb el trienni 2000-2002 no pot realitzar-se de manera gaire estricta, per les variacions en la representativitat i en la preferència de les revistes per part dels autors. S'ha intentat contrarestar aquest inconvenient amb la inclusió de nous títols actualment ben significats dins de les diferents subàrees.

5.5.3. Resultats i discussió

Durant el trienni 2007-2009, els investigadors catalans han publicat en la mostra de revistes seleccionades un total de 414 articles, xifra que representa un 1,74 % del

total mundial i un 32,62 % dels articles publicats a l'Estat espanyol. Dels articles publicats a Catalunya, un 87,44 % ho han estat per part d'entitats situades a Barcelona.

La comparació entre ciutats (figura 4) posa de manifest la consolidació de Delft i Londres com a ciutats capdavanteres en recerca, amb una contribució del 22,5 % i del 20,8 %, respectivament, durant el trienni 2007-2009. Barcelona, amb una contribució del 19,3 %, ocupa un tercer lloc molt proper a aquestes ciutats i es troba força per damunt de ciutats com ara París, Madrid o Milà. En relació amb el trienni 2000-2002, moltes de les ciutats considerades milloren la seva contribució en més o menys mesura; aquesta millora, però, és molt destacada en el cas de Barcelona, que, durant el trienni 2000-2002, havia ocupat una quarta posició amb una contribució del 8,1 %. La millora és també sensible en el cas de Delft, que d'aquesta manera consolida el seu lideratge a escala europea. En el report anterior, es va considerar que per a Barcelona seria difícil augmentar per damunt del 9 % i que, per tant, aquella contribució il·lustrava una situació quasi consolidada en el marc europeu. En contradicció amb aquesta previsió, l'anàlisi del trienni 2007-2009 permet observar, en el cas de Barcelona, una gran capacitat de creixement: és, de fet, la ciutat que més ha crescut en producció dins del grup de les ciutats més ben situades. Aquest creixement ha estat molt notable en els àmbits de l'enginyeria marítima i ambiental, en què la contribució ha assolit un valor del 23,6 %, i de l'enginyeria hidràulica i del terreny, amb una contribució del 23 %. La contribució a l'àmbit de l'enginyeria de la construcció i computacional, situada en un 11,1 %, es manté constant respecte del trienni 2000-2002. En el cas de l'enginyeria hidràulica i del terreny, Barcelona queda situada en segon lloc, per sota de Londres i lleugerament per damunt de Delft. En l'àmbit de l'enginyeria marítima i ambiental, Barcelona queda situada també en segona posició, després de Delft. Per la remarcable posició aconseguida en relació amb altres ciutats, és possible parlar, en el cas de Barcelona, d'una consolidació de les universitats i dels centres de recerca de la ciutat com a entitats d'excel·lència investigadora. Aquesta consolidació ha comportat, entre altres aspectes, un augment sensible dels recursos per a la recerca obtinguts a través de contractes amb empreses i convocatòries públiques competitives, tal com s'ha esmentat en l'apartat 4.4.

L'estudi per centres (figura 5) mostra tendències similars, atès que les ciutats triades es corresponen amb les seues geogràfiques de les universitats tecnològiques seleccionades. El centre amb una producció més alta és la Universitat de Tecnologia de Delft, amb una contribució del 16,51 %. La UPC ocupa un destacat segon lloc, amb una

contribució total del 14,28 ‰, i supera l'IC, amb una contribució del 10,63 ‰. Cal notar, d'altra banda, que tant l'IC com la Universitat de Tecnologia de Delft presenten un volum de personal investigador i pressupost per a la recerca sensiblement superior al de la UPC.

La UPC és també la universitat que més creix entre les que presenten contribucions més grans. Cal notar l'important progrés de la UPC al llarg dels diferents períodes estudiats. La UPC va passar de ser la sisena universitat, en el període 1989-1993, a ser la quarta, en el període 1994-1998, i la tercera, en el període 1999-2002. Durant aquests períodes, la contribució de la UPC s'havia situat a prop d'un 6 ‰. Finalment, durant el període 2007-2009, amb una contribució del 14,28 ‰, la UPC ha assolit una segona posició molt avantatjada i es veu superada solament per la Universitat de Tecnologia de Delft, que consolida el seu lideratge europeu.

A més, la UPC assoleix una primera posició, per damunt de la Universitat de Tecnologia de Delft, en l'àmbit de l'enginyeria de la construcció i computacional, amb una contribució parcial del 9,92 ‰. En l'àmbit de l'enginyeria marítima i ambiental, la UPC experimenta un creixement molt substancial i passa de la posició modesta que ocupava durant el trienni 2000-2002 a una segona posició en el trienni 2007-2009, amb una contribució del 15,58 ‰. En l'àmbit de l'enginyeria hidràulica i del terreny, la UPC assoleix també una segona posició, després de l'IC, amb una contribució del 17,35 ‰.

La contribució parcial per subàrees, sempre dins del trienni esmentat, ha estat del 26,42 ‰ per a l'enginyeria marítima, el 4,75 ‰ per a l'enginyeria ambiental, el 18,58 ‰ per a l'enginyeria hidràulica, el 16,12 ‰ per a l'enginyeria del terreny, el 4,35 ‰ per a l'enginyeria de la construcció i el 16,87 ‰ per a l'enginyeria computacional. En l'àrea de l'enginyeria del transport, que no havia estat inclosa en els reports anteriors, la contribució obtinguda ha estat del 4,60 ‰.

En definitiva, és possible afirmar que la UPC manté un alt nivell d'excel·lència en l'àrea de l'enginyeria de la construcció i l'enginyeria civil. Els resultats del trienni 2007-2009 milloren substancialment els nivells obtinguts durant els períodes anteriors i situen la institució en una situació molt destacada entre les universitats tecnològiques europees més prestigioses. A Europa, la UPC sols és superada en productivitat dins de l'àrea en estudi per la Universitat de Tecnologia de Delft. A més, l'anàlisi dels períodes reportats posa de manifest una sensible tendència al creixement continuat de la contribució al coneixement dins l'àrea.

5.6. Estudi comparatiu realitzat per la Biblioteca Rector Gabriel Ferraté

En aquest apartat, es dona notícia i es presenten les principals conclusions d'un estudi comparatiu relatiu a la publicació científica de la UPC i de l'ETSECCPB realitzat per la BRGF a petició d'aquesta escola i referit al període 1998-2008. L'estudi va tenir com a objectiu l'anàlisi del nombre d'articles publicats en revistes i de les corresponents citacions i es va basar en dades extretes de les bases de dades de Thomson Reuters (WoS, JCR i *Essential Science Indicators* [ESI]). L'estudi es va realitzar considerant un conjunt ampli de revistes, 217 en total, pertanyents a sis categories temàtiques definides pel JCR i dins de les quals publiquen majoritàriament els professors de l'ETSECCPB. La comparació del nombre de publicacions i de les citacions es va estendre a un conjunt de setze universitats d'entre les més prestigioses científicament d'arreu del món. La relació de les universitats considerades, amb les sigles corresponents, és la següent: Universitat de Stanford (Stanford Univ.), Universitat de Califòrnia a Berkeley (UC Berkeley), Escola Federal Politècnica de Zuric (ETH), Universitat Politècnica de Catalunya (UPC), Col·legi Imperial de Londres (IC), Escola Politècnica Federal de Lausana (EPFL), Universitat d'Illinois (UIUC), Universitat de Tecnologia de Delft (Delft), Universitat Tècnica de Lisboa (UTL), Escola Nacional de Ponts i Camins i Laboratori Central de Ponts i Camins de París (ENPC-LCPC), Universitat A & M de Texas (TAMU), Universitat de São Paulo (USP), Universitat Federal de Rio de Janeiro (UFRJ) i Universitat Nacional Autònoma de Mèxic (UNAM). S'hi inclouen també la Universitat Politècnica de València (UPV) i la Universitat Politècnica de Madrid (UPM), que, juntament amb la UPC, completen el conjunt de les universitats politècniques de l'Estat espanyol.

El cas de l'ETSECCPB també es considera i es compara amb la resta d'universitats, malgrat recollir únicament una part de la UPC. La metodologia emprada i els resultats de l'estudi es troben detalladament descrits en el document *Estudi comparatiu: publicació científica de la UPC i l'Escola de Camins vs. Universitats d'àmbit internacional*, elaborat per la BRGF. D'acord amb els autors, i malgrat que la metodologia utilitzada impedeix considerar aquest estudi com un informe exhaustiu, l'anàlisi ha permès obtenir dades molt significatives per situar la posició de la UPC i de l'ETSECCPB quant a la producció científica en comparació amb universitats de referència internacional.

En la figura 6 es compara el nombre d'articles produïts per cadascun dels centres esmentats durant el període al qual es refereix l'estudi. El gràfic destaca en color negre la producció de la UPC, i dins de la UPC, en gris fosc, la xifra d'articles que compten amb un professor de l'ETSECCPB o més, independentment que també hi participin altres professors de la UPC o d'altres entitats. Les universitats amb estudis d'enginyeria civil amb una producció científica més elevada en el període i en les categories estudiades són la UIUC, amb 1.390 documents; la TAMU, amb 1.274, i la UC Berkeley, amb 1.230. La UPC ocupa la posició número 7 en aquest rànquing i l'ETSECCPB ocupa per si mateixa la posició 8. Del conjunt d'universitats politècniques de l'Estat espanyol, la UPC és la que presenta un nombre més alt de publicacions en les revistes analitzades. La producció de la UPC és un 49,7 % superior a la de la UPV i un 59,3 % superior a la de la UPM.

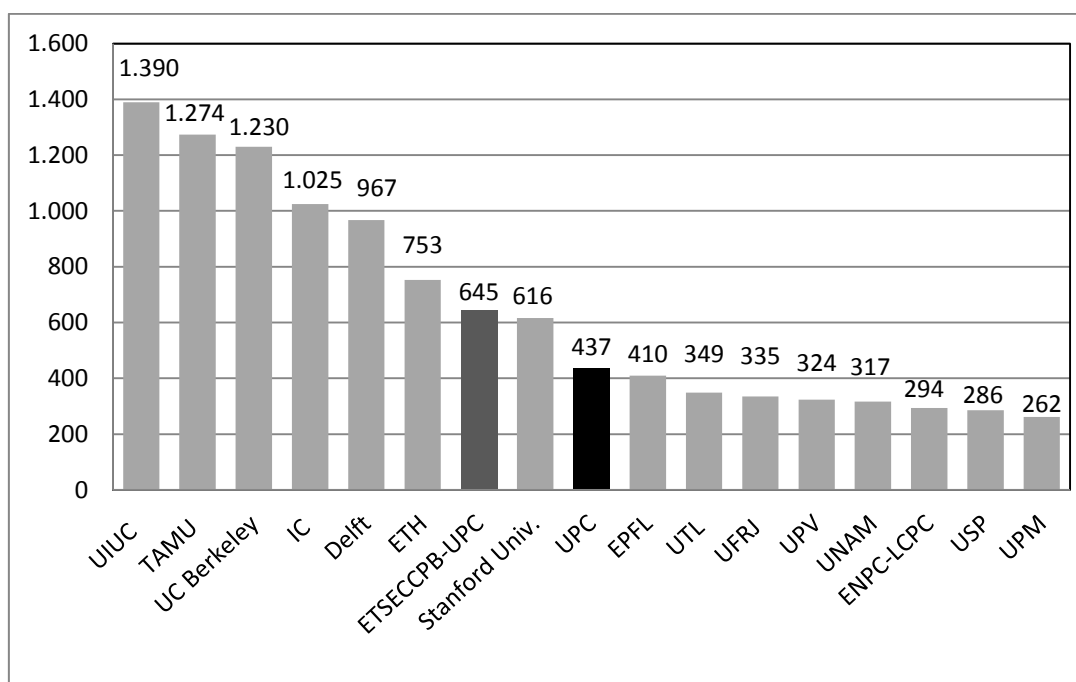


FIGURA 6. Comparació de la quantitat de publicacions científiques de diferents universitats (1998-2008).

Font: BIBLIOTECA RECTOR GABRIEL FERRATÉ (2009).

El segon gràfic que s'aporta com a part de l'estudi (figura 7) compara la quantitat mitjana de citacions rebudes per article de cadascuna de les institucions considerades. En aquest cas, s'observa que l'ETSECCPB ocupa la segona posició, darrere de la Stanford Univ. i abans de la UC Berkeley. Els articles publicats per

l'ETSECCPB reben una mitjana de 9,14 citacions. A més, els professors vinculats a l'ETSECCPB reben el 76,5 % del total de les citacions de la UPC durant el període analitzat. La UPC es troba en una cinquena posició entre les setze entitats considerades. Els resultats confirmen l'alt nivell d'excel·lència investigadora que presenten tant la UPC com, en particular, l'ETSECCPB. Tot considerant el nombre de citacions que, de mitjana, reben els articles com un indicatiu de qualitat, és clar que l'ETSECCPB presenta uns estàndards comparables amb els de les millors universitats en l'àmbit internacional.

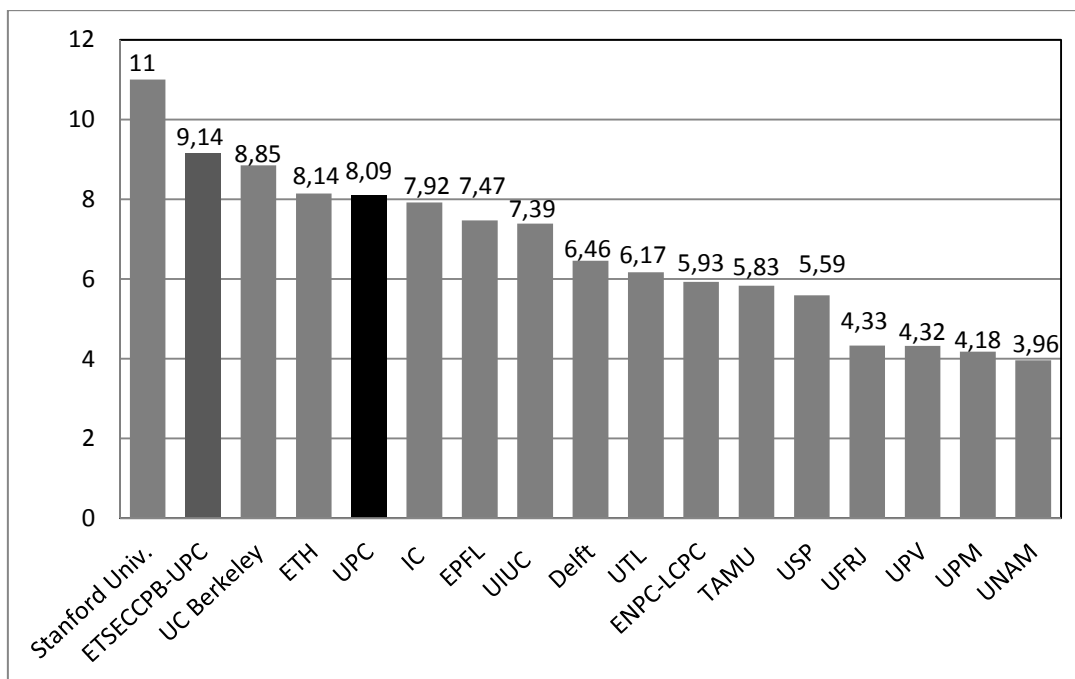


FIGURA 7. Comparació de la mitjana de citacions rebudes pels articles publicats per diferents universitats (1998-2008).

Font: BIBLIOTECA RECTOR GABRIEL FERRATÉ (2009).

6. CONCLUSIONS

De l'anàlisi dels resultats del present report, juntament amb la comparació amb els reports anteriors, és possible extreure'n les següents conclusions i consideracions.

6.1. *Importància i comportament del sector de la construcció*

El sector de la construcció va mantenir durant el període analitzat una gran importància a l'Estat espanyol, tot contribuint amb un valor mitjà anual de producció del 17 % al PIB i ocupant un 10,4 % de la població activa. El pes del sector a Catalunya va ser menor en termes relatius, però també força important, tot representant aproximadament un 9,3 % del PIB i ocupant un 5,5 % de la població activa (d'acord amb les dades, respectivament, dels anys 2006 i 2008).

El període en estudi es va caracteritzar, fins a l'any 2007, pel manteniment d'una fase d'expansió econòmica, amb un creixement mitjà d'un 3,5 % anual. A partir de l'any 2008, i amb l'arribada de la crisi financera mundial i l'esclat de l'anomenada *bombolla immobiliària*, l'economia catalana entra en un període recessiu, amb una important contracció de la demanda i el consum i una creixent destrucció d'ocupació.

Malgrat la gran importància econòmica del sector al llarg del període considerat, la seva aportació en recerca i innovació tecnològica ha estat molt limitada en relació amb altres sectors de l'activitat econòmica. En l'àmbit de l'Estat espanyol, durant el període 2003-2009, les empreses relacionades amb la construcció han invertit en innovació solament el 3,2 % del total aportat per les empreses del conjunt de sectors econòmics. La inversió en R+D ha estat encara inferior i ha representat solament un 2,4 % de la inversió realitzada pel conjunt dels sectors econòmics.

6.2. *Recursos humans*

El nombre de professors i investigadors vinculats a les universitats i els centres de recerca presenta, des de fa anys, un creixement molt lent i una tendència a l'estabilització. Aquesta estabilització de les plantilles és, en part, conseqüència de l'assoliment d'una certa suficiència en relació amb la disponibilitat de personal, com a

resultat d'esforços inversors realitzats durant decennis anteriors. La major part de les possibilitats de creixement experimentades durant els darrers anys ha anat lligada a la creació de noves titulacions universitàries (com ara les titulacions relacionades amb l'enginyeria aeronàutica en el cas de la UPC). Malgrat tot, el nombre de professors de l'àrea d'enginyeria civil i enginyeria de la construcció ha crescut en un 14 % durant el període analitzat. Cal destacar, d'altra banda, l'elevada categoria que presenta la plantilla de professors d'alguns dels departaments de l'àrea, amb un gran nombre de professors doctors en relació amb el total. També és remarcable l'elevat nombre de catedràtics (263) en relació amb les dimensions totals de l'àrea.

El creixement moderat experimentat pel personal acadèmic, del 14 %, no és suficient per compensar l'increment significatiu de l'edat mitjana de les persones dedicades a la recerca dins l'àrea. Aquest increment de l'edat mitjana ja va ser detectat en el report anterior i, malgrat no haver estat objecte d'un estudi específic en el present report, pot considerar-se agreujat actualment, per les escasses possibilitats de creixement i renovació tingudes durant els darrers anys. Per tant, segueix sent necessari un relleu generacional: si no es produeix, això podria, a mitjà termini, reduir la disponibilitat de persones en etapa de plena productivitat i comportar una baixada dels nivells de producció científica actuals.

Una vintena de grups de recerca relacionats amb l'àrea tenen la consideració de grups de recerca de la Generalitat de Catalunya i han estat finançats per l'AGAUR en les convocatòries del 2005 i el 2009. En particular, el 70 % dels professors de la UPC vinculats a l'àrea pertanyen a algun dels grups de recerca reconeguts i finançats per la Generalitat de Catalunya l'any 2009.

Durant el període analitzat, en relació amb la consecució de beques per a la formació d'investigadors, les principals possibilitats han estat les que han ofert la Generalitat de Catalunya i el Govern d'Espanya a través de les corresponents convocatòries competitives. Alhora, les universitats (en particular, la UPC) han fet un esforç significatiu per complementar l'oferta de beques. Cal notar que, durant els darrers anys, el nombre de beques obtingudes ha experimentat una certa reducció. Així, l'any amb més beques aconseguides dins l'àrea és el 2005, mentre que l'any menys reeixit és el 2007. La relació entre beques aconseguides i professorat doctor, sempre dins l'àrea i el període en estudi, ha estat de 2,7. Això, si es considera que la durada de les beques és normalment de quatre anys, implica que, de mitjana, els professors doctors de l'àrea han pogut dirigir un mínim de dues tesis becades durant un període de vuit anys. O bé,

alternativament, que, de mitjana, els professors doctors han gaudit en tot moment i com a mínim de la col·laboració d'un estudiant de doctorat becat.

6.3. Finançament de la R+D

Malgrat la limitada aportació del sector de la construcció a la R+D, segons s'ha esmentat en l'apartat 6.1, la principal font de recursos per a la recerca dins de l'àrea de l'enginyeria civil i de la construcció han estat els contractes i els convenis amb empreses, els quals han representat el 62 % del total dels recursos obtinguts per la UPC. La resta dels recursos ha provingut de convocatòries competitives per al finançament de projectes tant nacionals com europeus. En particular, un 12 % del finançament obtingut correspon a projectes finançats pels PM de la UE. La participació en projectes finançats pel Govern d'Espanya, que ha aportat un 26 % de l'import disponible per a la recerca, s'ha vist potenciada per la creació d'un Programa Nacional de Construcció, el qual ha gaudit d'un finançament significatiu, dins l'àrea anomenada Transport i Construcció del Pla Nacional de Recerca Científica, Desenvolupament i Innovació Tecnològica.

Catalunya, amb un import total de 142.462.096 €, ha obtingut el 17 % dels fons finançats pel Govern d'Espanya dedicats a programes relacionats amb l'àrea de l'enginyeria civil i l'enginyeria de la construcció. L'evolució de la participació catalana en el Programa Nacional de Construcció ha experimentat un creixement continuat: des del 15 %, l'any 2004, fins al 21 %, l'any 2009. En relació amb l'obtenció de recursos del VI PM de la UE, Catalunya va presentar una capacitat de captació un xic modesta en relació amb el seu potencial investigador, i es va situar per darrere de les comunitats de Madrid i del País Basc.

L'evolució en el temps de l'import total aconseguit per als projectes i convenis mostra un creixement continuat del 2003 al 2008, any en què s'assoleix la xifra màxima de 12.518,896 €. L'any 2009 es manté propera al màxim obtingut (11.537,797 €), malgrat una davallada molt important de l'import dels convenis, que tal vegada pot ser observada com un primer efecte de la crisi financera actual.

6.4. Resultats científics

Malgrat el seu caràcter eminentment tecnològic, l'àrea de l'enginyeria civil i de la construcció obté resultats globalment pobres en relació amb les patents aconseguides. El nombre de patents és molt reduït (vint en sis anys) i representa solament un 4 % del total obtingut a la UPC en el mateix període. L'escàs nombre de patents, tal com ja s'havia esmentat en els reports dels períodes anteriors, evidencia una limitada implicació en la innovació tecnològica per part dels investigadors vinculats a l'àrea. De fet, la major part de l'esforç realitzat pels investigadors de l'àrea s'orienta cap a una forma de recerca científicament elevada, però insuficientment connectada amb les empreses i amb les necessitats o les oportunitats d'innovació tecnològica. Tanmateix, al llarg del període analitzat, s'observa un creixement moderat però sostingut del nombre de patents, que caldria continuar i potenciar en el futur.

En general, tal com il·lustren els resultats relatius a les patents, pot afirmar-se que l'àrea presenta un cert dèficit de col·laboració amb la indústria i de capacitat per aportar innovació tecnològica. Actualment, l'aprofundiment en la recerca de caràcter tecnològic esdevé una necessitat, per les polítiques que, en aquest sentit, emprenen els governs per potenciar la integració entre les entitats de recerca i el teixit industrial. Programes dissenyats o aprovats recentment, com ara el Programa de Doctorats Industrials de la Generalitat de Catalunya i el PM Horitzó 2020 de la UE, constitueixen exemples clars d'aquesta tendència.

A diferència del que ha estat esmentat respecte a les patents, l'àrea presenta uns resultats excel·lents en producció científica de qualitat. En conjunt, es pot considerar que els resultats quant a publicacions científiques de qualitat són positius i posen de manifest l'existència de grups de recerca d'excel·lència amb una elevada capacitat de producció. A més, la producció científica publicada pels departaments de l'àrea ha presentat un augment important i continuat al llarg del període estudiat.

L'estudi bibliomètric realitzat s'ha basat en una certa estimació de la contribució de diverses ciutats europees i diverses universitats tecnològiques a la producció científica publicada a escala mundial. Per tal de permetre una comparació directa, aquest estudi ha explotat la metodologia ja formulada i emprada en els reports anteriors. En l'àrea de l'enginyeria civil i de la construcció, Barcelona, amb una contribució estimada a la producció científica publicada del 19,26 %, ocupa un tercer lloc entre les

ciutats europees i es troba per damunt de ciutats com ara París, Madrid o Milà. L'anàlisi del trienni 2007-2009 palesa un creixement important i situa Barcelona com la ciutat que més ha augmentat la seva contribució entre les ciutats capdavanteres. Aquest resultat posa de manifest una consolidació de les universitats i dels centres de recerca de la ciutat com a entitats d'excel·lència investigadora.

La metodologia aplicada ha permès estimar una contribució per part de la UPC del 14,28 % dels articles publicats arreu del món dins de l'àrea. Els resultats del trienni 2007-2009 milloren substancialment els nivells obtinguts durant els períodes anteriors i situen la institució en una posició molt destacada entre les universitats tecnològiques europees més prestigioses. A més, l'anàlisi dels períodes reportats posa de manifest un augment continuat de l'aportació científica.

L'estudi realitzat per la BRGF, estès a un nombre important d'universitats tecnològiques prestigioses d'arreu del món i dut a terme a partir d'una mostra molt àmplia de revistes, proporciona resultats molt similars. La UPC ocupa la setena posició entre les universitats considerades quant al nombre total d'articles publicats. Alhora, l'ETSECCPB, per si mateixa, i comparada amb el mateix conjunt d'universitats, ocupa una vuitena posició. Quan es compara la mitjana de citacions rebudes per article, s'observa que la UPC es troba en una cinquena posició, mentre que l'ETSECCPB ocupa la segona posició, darrere de la Stanford Univ. i abans de la UC Berkeley. Els resultats confirmen l'alt nivell d'excel·lència investigadora que presenten tant la UPC com, en particular, l'ETSECCPB. Tot considerant el nombre de citacions que, de mitjana, reben els articles com un indicatiu de qualitat, pot afirmar-se que l'ETSECCPB presenta uns estàndards de recerca comparables amb els de les millors universitats en l'àmbit internacional.

6.5. Consideracions finals

Durant el període estudiat, l'àrea de l'enginyeria civil i l'enginyeria de la construcció s'ha caracteritzat per l'assoliment d'un alt nivell científic i per l'obtenció d'excel·lents resultats, en forma d'una producció científica molt remarcable tant en quantitat com en qualitat. A més, s'observa un creixement continuat dels principals índexs significatius de la capacitat investigadora. És possible afirmar que l'àrea ha assolit un alt nivell d'excel·lència investigadora i que es troba, al final del període,

òptimament situada per consolidar i, fins i tot, ampliar la seva capacitat per contribuir al coneixement tècnic i científic. D'aquesta contribució, se'n deriva una important aportació potencial al desenvolupament tecnològic del sector de la construcció i, des d'una òptica més general, una possible millora de les condicions de vida dels usuaris dels recursos construïts.

En definitiva, i pels volts de l'any 2009, podia parlar-se d'una situació satisfactòria en relació amb la disponibilitat de recursos i en relació amb la capacitat dels investigadors per transformar-los en coneixement científic i tècnic d'alt nivell. Malauradament, l'arribada de la crisi financera de l'any 2008, amb totes les seves conseqüències negatives, està significat un gran repte per al manteniment de la productivitat i del nivell científic assolits. La importància de la recerca i de la innovació tecnològica com a elements necessaris per a la millora de la viabilitat i competitivitat de les activitats econòmiques i de les empreses és reconeguda per totes les instàncies governamentals, i, en qualsevol cas, queda ben demostrada per l'experiència dels països econòmicament capdavanters i menys afectats per la crisi. Malauradament, per l'escassetat dels recursos econòmics que ha comportat la crisi i les polítiques de contenció pressupostària, els governs han reduït de manera sensible la seva aportació als diferents programes de recerca i de formació de personal investigador. Les oportunitats de finançament s'han vist també minvades per la reducció de l'aportació de les empreses del sector de la construcció. Finalment, l'elevat deute dels governs i de les mateixes universitats ha limitat de manera important, quan no ha congelat, les possibilitats de creixement, promoció i renovació del personal dels departaments universitaris i dels centres de recerca. En conseqüència, el col·lectiu d'investigadors encara realment un període amb molts reptes: malgrat que l'aportació dels investigadors és del tot necessària per a la millora de la competitivitat econòmica i la superació de les dificultats actuals, els recursos disponibles per a la recerca han minvat sensiblement i, en general, resulten més difícils d'obtenir. Tanmateix, la capacitat demostrada i el caràcter molt actiu dels investigadors que treballen en l'àrea permeten, amb un cert optimisme, preveure una resposta satisfactòria enfront d'aquest repte i el manteniment, i fins i tot la millora, dels resultats de la recerca al llarg del període de superació de la crisi.

Un dels aspectes de l'esmentat repte rau en una implicació més gran en la innovació tecnològica per part dels investigadors. Com s'ha esmentat, i malgrat els excel·lents resultats en producció científica, el nombre de patents aconseguides pels

investigadors de l'àrea de l'enginyeria civil i l'enginyeria de la construcció és encara molt reduït. Tanmateix, la necessitat de lligar la recuperació econòmica a la modernització tècnica i a la innovació tal vegada constitueixi una important oportunitat tant per a les empreses com per a les entitats de recerca. Així mateix, per convertir aquest repte en una oportunitat, cal potenciar la relació entre les empreses i les entitats de recerca, i cal, en particular, que les entitats de recerca intensifiquin la seva contribució al desenvolupament tecnològic i a la innovació.

Algunes de les recomanacions realitzades en els reports anteriors mantenen una entera vigència i mereixen ser esmentades de nou. En aquest sentit, i malgrat les dificultats esmentades, es considera important impulsar polítiques de personal que permetin satisfer el necessari relleu generacional dels investigadors de l'àmbit, l'edat mitjana dels quals no ha deixat d'augmentar durant els darrers anys. Aquest relleu, realitzat de manera gradual, es considera necessari per mantenir i potenciar el nivell d'excel·lència investigadora assolit.

D'altra banda, es considera convenient crear un centre de referència o centre tecnològic que aglutini les aportacions dels diferents grups de recerca. De fet, l'àrea es caracteritza per l'existència d'un nombre elevat de grups de recerca que treballen de manera no coordinada i sense plantejaments comuns. Es considera que aquesta dispersió repercuteix negativament sobre la capacitat de servei a la societat, i és desitjable que existeixi a Catalunya un centre de referència que coordini les activitats de R+D dins del sector.

BIBLIOGRAFIA

- III Pla de Recerca de Catalunya 2001-2004*. Barcelona: Generalitat de Catalunya. CIRIT, 2001.
- AMAT, O.; OBIS, T.; GENESCÀ, E. *Informe anual de l'empresa catalana 2007*. Generalitat de Catalunya. Departament d'Economia i Finances, 2008.
- BIBLIOTECA RECTOR GABRIEL FERRATÉ. *Estudi comparatiu: Publicació científica de la UPC i l'Escola de Camins vs. Universitats d'àmbit internacional*. Resum executiu. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya, 2009.
- *Estudi comparatiu: Publicació científica de la UPC i l'Escola de Camins vs. Universitats d'àmbit internacional*. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya, 2010.
- BUSOM, I. (coord.). *La situació de la innovació a Catalunya*. Barcelona: Generalitat de Catalunya. Centre d'Innovació i Desenvolupament Empresarial, 2006.
- CERCA: *Centres de Recerca de Catalunya*. Barcelona: Generalitat de Catalunya. Departament d'Innovació, Universitats i Empresa. Comissionat per a Universitats i Recerca, 2010.
- COMISIÓN INTERMINISTERIAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA. *Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica: 2000-2003*. Madrid: Presidencia del Gobierno. Oficina de Ciencia y Tecnología, 1999.
- *Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica: 2004-2007*. Madrid: Ministerio de Ciencia y Tecnología, 2003.
- *Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica: 2008-2011*. Madrid: Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología, 2007.
- COTEC. *Informe COTEC 2007: Tecnología e innovación en España*. Madrid: Fundación COTEC para la Innovación Tecnológica.
- *Informe COTEC 2008: Tecnología e innovación en España*. Madrid: Fundación COTEC para la Innovación Tecnológica.
- *Informe COTEC 2009: Tecnología e innovación en España*. Madrid: Fundación COTEC para la Innovación Tecnológica.
- *Informe COTEC 2010: Tecnología e innovación en España*. Madrid: Fundación COTEC para la Innovación Tecnológica.

- *Informe COTEC 2011: Tecnología e innovación en España*. Madrid: Fundación COTEC para la Innovación Tecnológica.
- *Gestión económica de la I+D empresarial y de la innovación*. Madrid: Fundación COTEC para la Innovación Tecnológica, 2011.
- EUROPEAN CONSTRUCTION INDUSTRY FEDERATION. *Construction activity in Europe*. Brussel·les, 2010.
- GARRIDO, A. [et al.]. *Memòria econòmica de Catalunya: Any 2010*. Barcelona: Cambres Oficial de Comerç, Indústria i Navegació de Catalunya, 2011.
- Informe anual de l'R+D i la innovació a Catalunya*. Barcelona: Generalitat de Catalunya. Departament d'Empresa i Ocupació, 2011.
- Informe anual sobre la indústria a Catalunya 2008*. Barcelona: Generalitat de Catalunya. Observatori de Prospectiva Industrial, 2009.
- Informe anual sobre la indústria a Catalunya 2009*. Barcelona: Generalitat de Catalunya. Observatori de Prospectiva Industrial, 2010.
- Instituto Nacional de Estadística*. <www.ine.es> [Consulta: juny 2012].
- MALUQUER DE MOTES, J. *La recerca i la innovació a Catalunya l'any 2004*. Barcelona: Generalitat de Catalunya. CIRIT, 2009.
- MATEA, ROSA M. de los L.; SÁNCHEZ, C. «La construcción en España». *Boletín Económico: Banco de España* (març 2006), p. 45-62.
- Participació catalana a l'R+D europea*. Barcelona: Generalitat de Catalunya. ACCIÓ, 2008.
- Pla de Recerca i Innovació de Catalunya 2005-2008*. Barcelona: Generalitat de Catalunya. CIRIT, 2005.
- Preinscripció universitària de Catalunya 2001: Llista de centres d'estudi: Convocatòria juny 2011*. Barcelona: Generalitat de Catalunya, 2011.
- SEOPAN. *Informe anual de la construcción*. Madrid, 2004.
- *Informe anual de la construcción*. Madrid, 2005.
- *Construcción: Informe regional 2006*. Madrid, 2006.
- *Informe económico 2010*. Madrid, 2010.
- SURIÑACH, J.; LÓPEZ-TAMAYO, J.; VAYÁ, E. *Participació de Catalunya en convocatòries del 7è Programa Marc d'R+D de la UE: Període 2007-2009*. Barcelona: Fundació Institució Catalana de Suport a la Recerca, 2011.